RECHERCHES SUR LES RAILS

ET LEURS SUPPORTS.

RECHERCHES

SUR LES RAILS

ET LEURS SUPPORTS.

Extrait des Ouvrages anglais

DE P. BARLOW ET N. WOOD,

SUIVI DE LA

DESCRIPTION DES RAILS ET DES COUSSINETS EMPLOYÉS SUR LES PRINCIPAUX CHEMINS DE FER D'EUROPE ET D'AMÉRIQUE.

ET DE NOTES

SUR LA DURÉE, LA RÉSISTANCE ET LES DIMENSIONS DES RAILS, COUSSINETS, TRAVERSES, LONGRINES, DÉS, CHEVILLES ET COINS,
AINSI QUE SUR LA CONSERVATION DES BOIS;
ET LES CONDITIONS A IMPOSER AUX FABRICANTS DE RAILS ET DE COUSSINETS;

PAR

Et. LOCARD,

Chevalier de la Légion-d'Honneur, Ingénieur principal du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon.

PARIS,
CARILIAN-GOEURY ET Vve DALMONT,
Libraires des corps des Ponts et Chaussées et des Mines,
QUAI DES AUGUSTINS, 49.
1853.

INTRODUCTION.

L'ouvrage que nous livrons à la publicité, a pour but de réunir les documents nécessaires pour mettre à même de déterminer, avec la précision convenable, la forme et les dimensions des rails et de leurs supports, en se basant sur la théorie et sur les résultats d'une longue expérience. Nous espérons ainsi parvenir à éviter aux personnes qui s'occupent de la construction ou de l'entretien des railways, la perte d'un temps toujours précieux, et l'ennui de recherches en général longues et pénibles, et trop souvent infructueuses.

Pour la partie théorique, nous avons cru devoir reproduire deux Mémoires rédigés par le célèbre P. Barlow, et deux chapitres extraits de la 3me édition du *Traité pratique des chemins de fer*, par N. Wood.

Comme le fait observer Barlow dans sa préface, ses deux Mémoires ont été publiés à la suite du concours ouvert par la compagnie du chemin de fer de Birmingham, qui avait offert un prix de 100 guinées (2,646

fr.) à l'auteur du meilleur travail sur *la construction des rails, chairs et supports, et sur le moyen de fixer ces diverses parties entre elles.*

MM. Rastrick, N. Wood et Barlow furent chargés d'examiner les nombreux projets envoyés à ce concours, et M. Barlow, en qualité de rapporteur de cette commission, rédigea successivement ses deux Mémoires, dans lesquels se trouvent les résultats de recherches théoriques et pratiques du plus grand intérêt.

Cette nouvelle traduction de l'important travail de P. Barlow a été faite avec la plus scrupuleuse attention; nous espérons avoir redressé, au moins en partie, les erreurs échappées à l'auteur de la première traduction, qui avait cru devoir omettre tout un chapitre.

Les deux chapitres que nous avons extraits de N. Wood, ne se trouvaient pas dans la 2[me] édition, sur laquelle a été faite la traduction de MM. de Montricher, de Franqueville et de Ruolz, la seule qui ait encore paru en France. Ces deux chapitres sont relatifs, le premier, *à la description des rails*, et le deuxième, *à des recherches sur la résistance des rails, et sur la forme à leur donner.*

Les Mémoires de Barlow et les deux chapitres de Wood, formeront les deux premiers livres de notre ouvrage; dans un troisième livre, entièrement relatif à la partie pratique, nous réunirons, sous le titre de Notes, les résultats de vingt années d'expérience sur un che-

min de fer dont les transports annuels dépassent maintenant 800,000 tonnes de marchandises et 700,000 voyageurs, et qui, d'un autre côté, se trouve dans les conditions d'entretien les plus difficiles. Ces notes, ou plutôt ces mémoires, au nombre de neuf, portent les titres suivants :

1° *Des effets de la dilatation et de la contraction des rails;*

2° *Description et dimensions des rails, coussinets, dés, traverses, longrines, coins et chevilles employés sur les principaux chemins de fer d'Angleterre, d'Allemagne, de Belgique, des Etats-Unis, de France, de Hollande, d'Italie, du Piémont et de Russie;*

3° *De la durée des rails;*

4° *De la forme la plus convenable à donner à la section des rails;*

5° *Recherches sur la résistance des rails en fer forgé;*

6° *De la forme des coussinets, et des moyens de maintenir les rails dans les coussinets;*

7° *Des moyens employés pour fixer les coussinets sur les supports;*

8° *Observations sur les différents systèmes employés pour supporter les coussinets et les rails, et sur les divers procédés proposés pour préserver les bois de la pourriture;*

9° *Des conditions à imposer aux fabricants de rails et de coussinets.*

Ce dernier mémoire est suivi d'extraits des cahiers des charges adoptés par les principaux chemins de fer de France, et par les gouvernements belge, français et piémontais.

NOTA.

Afin de mettre les lecteurs à même de se rendre compte de la valeur exacte des mesures anglaises citées dans le cours de cet ouvrage, nous allons donner le rapport de ces mesures à celles adoptées en France, d'après l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*.

	mètres.
1 mille (1,760 yards)	1609,3149
1 yard	0,9144
1 pied	0,3048
1 pouce	0,0254

	kilogr.
1 tonne (20 quintaux)	1015,65
1 quintal ou cwt (112 livres)	50,78
1 quarter (28 livres)	12,695
1 livre, avoir du poids	0,4534
1 once (1/16me de livre)	0,0283

	fr. c.
1 guinée (21 schillings)	26,46
1 livre sterling (20 schillings)	25,20
1 schilling ancien	1,24
1 schilling, depuis 1818	1,16

LIVRE I.

EXPÉRIENCES

SUR

LA FORCE TRANSVERSALE ET LES AUTRES PROPRIÉTÉS
DU FER MALLÉABLE,

PAR

P. BARLOW.

PRÉFACE.

Afin de mettre le lecteur à même de comprendre les diverses observations contenues dans les pages suivantes, nous allons faire connaître les circonstances qui nous ont amené à faire ce travail et à le livrer à la publicité.

Les directeurs de la compagnie du rail-way de Londres à Birmingham, désirant faire reposer sur des principes scientifiques, l'immense travail dont ils étaient chargés, et, s'il était possible, éviter les frais énormes d'entretien qu'ont occasionnés quelques-uns des grands travaux de même nature, offrirent dans un avis au public, un prix de cent guinées pour la meilleure construction des rails, chairs et supports, ainsi que pour le meilleur moyen de fixer ces diverses parties entre elles, de manière à éviter les défauts que l'on trouve plus ou moins dans les rails-ways construits jusqu'à présent. MM. les directeurs avaient stipulé, que, tout en ayant égard à la grande quantité de transports à effectuer au moyen de locomotives, on devrait déterminer :

« 1° La forme de rail la plus résistante et la plus éco-
» nomique ;

» 2° La meilleure construction de chair ;

» 3° Le meilleur moyen de réunir le rail au chair,
» ainsi que le chair au dé ou à la traverse: les rails ne
» devaient pas peser moins de 50 livres par yard li-
» néaire.»

Par suite de cet avis, un grand nombre de plans, de modèles et de descriptions fut remis à la Compagnie dans le temps limité par le concours; d'autres, arrivés plus tard, et quoique ne pouvant plus prétendre au prix, furent jugés dignes d'être admis pour les essais à faire. Le 24 décembre dernier, dans une assemblée des directeurs, MM. J.-V. Rastrick, de Birmingham, N. Wood, de Newcastle, ingénieurs civils, et moi, nous fûmes désignés pour examiner les projets, et faire un rapport d'après lequel le prix devait être décerné.

En même temps nous fûmes priés d'indiquer aux directeurs les projets qui pouvaient être mis à l'essai, lors même qu'ils n'auraient pas été admis au concours. Nous nous réunîmes en conséquence à Londres, et après un long et consciencieux examen de divers plans, dessins et descriptions écrites, nous avons indiqué les projets qui avaient droit au prix, qui fut en conséquence décerné par les directeurs. Quant à la partie de nos instructions qui nous prescrivait de proposer un ou plusieurs rails pour être expérimentés, nous ne pûmes nous y conformer comme nous l'aurions désiré; nous en fûmes empêchés par le manque de données pour déterminer lequel des rails proposés présenterait le plus de force et le plus de raideur sous le passage d'un fardeau. Nous ne pouvions également pas reconnaître si, en pratique, il n'y avait point de danger à fixer d'une manière permanente, le rail au chair, comme le proposaient plusieurs concurrents. Aucune expérience de ce genre

n'ayant encore été faite sur le fer malléable, nous pensâmes qu'il serait préférable de laisser cette question sans réponse, plutôt que d'indiquer, sans autre base qu'une simple opinion, une expérience coûteuse qui pouvait ensuite présenter quelques dangers.

Cependant, voyant combien il était à désirer qu'on eût de telles données, je proposai aux directeurs d'entreprendre une suite d'expériences en rapport avec l'importance de la question. Pour un tel travail, il m'était indispensable de pouvoir disposer des facilités qu'offre l'arsenal de Woolwich.

La bienveillance que j'avais si souvent éprouvée en pareille circonstance de la part des lords de l'Amirauté, me faisait espérer que ma demande serait accueillie favorablement. Du reste, les directeurs devaient fournir les instruments, matériaux et main d'œuvre nécessaires. L'amirauté, comme je l'avais prévu, m'accorda immédiatement ma demande, et dans une assemblée générale des actionnaires, tenue à Birmingham, il fut décidé que ma proposition serait acceptée. En conséquence je commençai mes expériences, et les continuai jusqu'à ce que j'eusse obtenu les faits qui me paraissaient nécessaires; puis les ayant classées comme l'indiquent les pages suivantes, je les remis avec un rapport, au secrétaire du comité de Londres, pour qu'il les transmît à l'administration.

MM. les directeurs voulurent bien exprimer leur haute approbation de mon travail, et, d'après leurs désirs, je me décidai à le livrer à l'impression, en y joignant les notes nécessaires pour mettre ce sujet à la portée de tout le monde. Parmi ces notes, se trouvent aussi une ou deux équations, dont je me suis contenté

de mettre les résultats dans le rapport, afin de ne pas en entraver la lecture.

Telles sont les circonstances qui m'ont déterminé à faire cette publication : elles ont motivé l'arrangement des matières; probablement il eût été différent, si dans l'origine, j'avais eu l'intention de faire un travail spécial. Cependant, je ne doute point que si les faits obtenus sont trouvés utiles, la forme et l'arrangement de cette publication ne soient considérés comme d'une importance secondaire.

CHAPITRE PREMIER.

EXPÉRIENCES SUR LA FORCE TRANSVERSALE ET LES AUTRES PROPRIÉTÉS DU FER MALLÉABLE.

REMARQUES PRÉLIMINAIRES.

C'est seulement depuis l'adoption presque générale des rails-ways dans ce pays, que le fer malléable a été employé en grande quantité pour résister aux efforts transversaux ; les auteurs qui ont entrepris des expériences pour reconnaître la force des matériaux, ont jusqu'à présent négligé les recherches relatives à la force transversale de ce métal (1) ; cependant la grande quantité de fer malléable employée à résister à l'effort transversal produit par un fardeau en mouvement, rend très importante l'étude de cette résistance et des propriétés qu'elle pourrait présenter. On sait que tout poids ajouté

(1) A la vérité on a déjà fait quelques expériences sur la force transversale du fer malléable. J'en ai donné trois dans mon *Essai sur la force des matériaux*; M. Hadgkinson a aussi effleuré ce sujet dans son estimable mémoire, *Expériences sur le fer fondu*, mémoire inséré dans le recueil de, *Manchester philosophical society*. M. Duleau a également traité ce sujet dans son *Essai théorique et expérimental*, etc. Mais les recherches n'ont jamais été dirigées vers l'application de ce métal aux rail-ways.

à une barre de métal en sus de ce qu'exige la sûreté, est non-seulement inutile mais nuisible; car il est généralement admis qu'une barre, au-delà d'un certain poids, ne peut pas être aussi bien fabriquée, que si ses dimensions étaient moindres. On sait également qu'avec une convenable disposition du métal dans l'aire de la section (ce qui dépend des données de la question), on peut, avec un poids donné, obtenir une plus grande force qu'avec un poids supérieur, mais mal distribué.

Mes expériences ont été dirigées d'après ces principes, et j'espère que mon travail pourra être utile.

Cependant, avant de commencer, il est un sujet de recherche plutôt que d'expérience, sur lequel les praticiens sont divisés d'opinion, et qui m'a paru devoir appeler notre attention, savoir : quels sont les avantages et les inconvénients du rail ondulé et du rail parallèle?

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS, COURBURE ET RÉSISTANCE DU RAIL ONDULÉ.

La théorie, d'accord avec l'expérience, démontre que si on suspend un poids à l'extrémité d'une barre fixée par son autre extrémité à un mur, ou à toute autre masse inébranlable, la section longitudinale de cette poutre sera une parabole, si sa largeur est bien uniforme; parce qu'avec cette figure, chacune de ses parties résistera, en proportion de l'effort, et alors un tiers de la matière peut être économisé. Cette forme est fréquemment adoptée pour former les poutres en fonte dans les bâtiments; et c'est avec un grand avantage, puisque tout en conservant la même force, on écono-

mise un tiers de la matière, et que le poids à supporter par les murs du bâtiment se trouve fortement diminué.

Ce principe a probablement amené à donner aux rails une forme ondulée. Reste à examiner quel avantage il en est résulté. D'abord on remarque que, pour les rails, la théorie n'exige pas, comme dans le cas précédent, une section longitudinale ayant la forme d'une parabole; car lorsque la locomotive passe, chaque partie du rail doit successivement porter le poids; et comme l'effort sur une partie de la barre supportée à chacune de ses extrémités et chargée en un point de sa longueur, est comme le rectangle des deux parties (la force étant comme le carré de l'épaisseur); il s'en suit que le carré de l'épaisseur doit être, en un point quelconque, proportionnel au rectangle des deux parties de la barre, ce qui est la propriété d'une demi-ellipse. Ainsi, en théorie, la barre ou le rail doit avoir la forme d'une demi-ellipse; sa longueur sera celle du diamètre de l'ellipse, et sa hauteur un demi conjugué.

Il n'est point douteux qu'une barre ayant une telle forme, et étant disposée comme nous venons de le dire, ne soit aussi forte, à sa limite de résistance, qu'une barre rectangulaire.

Mais il est difficile d'obtenir exactement cette figure avec du fer malléable; aussi, parmi les rails dits ondulés, en trouve-t-on qui en diffèrent beaucoup, tandis que d'autres n'en sont que de mauvaises approximations. Voici le moyen employé en général pour ce genre de fabrication.

(*Fig. I*, *pl.* 1.) EF, GH représentent les sections de deux cylindres en fer. GH étant suspendu sur un faux centre C, on le tourne de manière à y creuser une rai-

nure de profondeur variable, comme l'indique la figure.

Le cylindre GH étant ensuite placé sur son véritable centre B, les barres sont introduites entre les deux cylindres en KL, et le fer, en passant, prend la hauteur variable indiquée dans le cylindre inférieur.

Le cercle intérieur ou base de la rainure, a, en général, un pied de diamètre, et le cercle supérieur, trois pieds de circonférence ; par conséquent la figure est complétée dans une longueur de trois pieds. Il y a ordinairement cinq longueurs pareilles dans une barre. Le calcul des ordonnées d'une courbe ainsi formée, ne présente aucune difficulté ; car, appelant r le rayon du cylindre CD, d la distance des centres BC, et x un angle tel que LCD, on a :

$$ID = BI - \sqrt{r^2 + d^2 - 2rd\cos x}.$$

La table suivante indique les ordonnées calculées au moyen de cette formule, pour deux rails ondulés différents. La plus grande hauteur dans les deux, était de 5 pouces ; mais dans l'un, la moindre hauteur était de 3 pouces, et dans l'autre, 3 pouces $\frac{3}{4}$; ce dernier était proposé par M. Stephenson, pour le rail-way de Londres à Birmingham (*fig. VII, pl.* 4).

Les ordonnées sont prises de 10 en 10 degrés, ou pour chaque pouce de la demi-longueur du rail. Dans la dernière colonne sont indiquées les ordonnées de la véritable ellipse.

TABLE DES ORDONNÉES.

ABCISSES.		ORDONNÉES du rail ondulé, dont la plus grande hauteur est 5 pouces et la moindre 3.	ORDONNÉES du rail de M. Stephenson.	ORDONNÉES de l'ellipse.
Degrés.	Pouces.			
0	0	3,00	3,75	0
10	1	3,01	3,76	1,64
20	2	3,05	3,78	2,29
30	3	3,12	3,82	2,76
40	4	3,21	3,88	3,14
50	5	3,31	3,95	3,46
60	6	3,44	4,04	3,72
70	7	3,59	4,14	3,96
80	8	3,73	4,23	4,16
90	9	3,92	4,34	4,33
100	10	4,09	4,45	4,48
110	11	4,27	4,55	4,61
120	12	4,43	4,66	4,71
130	13	4,59	4,75	4,80
140	14	4,72	4,84	4,87
150	15	4,84	4,91	4,93
160	16	4,93	4,95	4,97
170	17	4,98	4,99	4,99
180	18	5,00	5,00	5,00

Nous voyons par cette table, que, bien qu'il soit impossible avec certaines proportions ou degrés d'excentricité, d'obtenir par cette méthode une véritable ellipse, on peut, comme l'a fait M. Stephenson, en approcher assez près pour la pratique. D'un autre côté, si l'on ne prend pas certaines précautions, on peut s'écarter de l'ellipse de manière à rendre la barre dangereusement faible dans le milieu de sa demi-longueur.

Si l'on considère seulement le maximum de force, il n'est point douteux que le rail de M. Stephenson ne soit aussi fort qu'un rail elliptique, et par conséquent qu'un rail rectangulaire de même hauteur. Mais il y a un dé-

faut grave dans toute barre elliptique. En effet, bien que la forme elliptique donne à toute la longueur de la barre, une force uniforme, la barre est loin d'avoir la même raideur qu'une barre rectangulaire d'une hauteur réguliere, et égale à celle du milieu de la barre courbe; et dans le cas dont nous nous occupons, la raideur est plus importante que la force, car les dimensions du rail doivent excéder tellement celles strictement nécessaires, qu'il faut mettre entièrement de côté la considération de limite de force. Il s'agit donc d'obtenir, avec une quantité donnée de métal, la forme la plus résistante à la flexion; et malheureusement la barre elliptique, quoique aussi forte, quant à la limite de résistance, que la barre rectangulaire de même hauteur, présente beaucoup moins de raideur. Le travail suivant va le démontrer.

Les flexions que prennent les poutres supportées aux extrémités, et chargées dans le milieu, sont égales à celles qu'éprouveraient les extrémités, si les poutres étaient soutenues dans leur milieu, et chargées à chaque extrémité avec la moitié du poids. *La loi* des flexions est la même dans ce dernier cas, que pour une poutre fixée à l'une de ses extrémités, et chargée à l'autre, quoique la somme des flexions soit plus grande.

Comme notre but n'est pas de rechercher les flexions réelles, mais bien les flexions relatives de deux pièces, l'une elliptique et l'autre rectangulaire, toutes deux de même longueur et de même hauteur, la largeur et la charge étant les mêmes, nous nous bornerons à considérer deux demi-pièces fixées chacune dans un massif inébranlable, comme l'indique la fig. II, pl. 1.

1° La flexion élémentaire en C, est la même dans les deux pièces, puisque les longueurs et les poids sont les

mêmes, et que les hauteurs CA et C'A' sont égales ; mais la flexion entière en un autre point P, sera directement comme MB^2, et inversement comme MP^3. Par conséquent, si on fait $MB = x$, et $MP = y$, la somme de toutes les flexions dans les deux pièces sera : $\int \frac{x^2}{y^3} dx \Delta$, Δ étant le sinus de la flexion en C. Mais dans la fig. F, y est constant et égal à d (la hauteur), tandis que dans l'autre figure, $y = \frac{d}{l} \sqrt{2lx - x^2}$, l étant le demi-longueur, et x une distance variable.

Les flexions totales sont donc dans les deux cas : fig. F, flexion $= \int \frac{x^2 dx}{d^3} \Delta =$ (quand $x = l$) $\frac{1}{3} \frac{l^3}{d^3} \Delta$

et dans la fig. F',

$$\text{Flexion} = \int \frac{x^2 \, dx \, \Delta}{\frac{d^3}{l^3} (2lx - x^2)^{\frac{3}{2}}} = (\text{quand } x = l)\ 0{,}41 \frac{l^3}{d^3} \Delta$$

Par conséquent dans les deux cas, les flexions sous les mêmes poids sont comme 33 : 41 (1), ou environ comme 3 est à 4, résultat pleinement justifié par l'expérience. Il faut aussi remarquer que cette recherche s'applique seulement à la flexion produite par le poids placé au milieu de la pièce, et que le résultat serait beaucoup plus en faveur du rail parallèle, si le poids était mis vers le milieu de la demi-longueur.

Il me semble que ce manque de raideur n'est point compensé par la légère économie de métal que procure cette forme de rail ; car je trouve qu'une addition d'un peu plus de 4 livres par yard suffirait pour convertir ce

(1) On a fait des expériences d'après lesquelles on a reconnu que le rail ondulé était plus raide que le rail parallèle. Ce résultat est possible si le rail parallèle était de métal inférieur ou d'une mauvaise forme ; dans le cas contraire il est mécaniquement impossible.

rail en un rail rectangulaire de la même hauteur, et qui aurait $\frac{1}{8}$ de plus de raideur en son point milieu, et probablement moitié plus, en un point un peu au-delà du milieu de la demi-longueur. A la vérité, on objecte aux rails rectangulaires la hauteur de la portée dans les chairs; c'est peut-être un défaut dans la pratique; je ne puis à cet égard émettre une opinion. Dans tous les cas, il est bon d'apprécier convenablement les deux inconvénients, on pourra alors choisir le moindre (1).

M'étant ainsi rendu compte de la nature du rail ondulé, je me suis occupé de mes recherches expérimentales que j'ai ainsi divisées :

1° Déterminer sous différents degrés de tension, l'allongement d'une barre de fer d'une section donnée; puis la force avec laquelle cette même barre se contractera avec une réduction donnée de température;

2° Déterminer la résistance comparative du fer malléable à l'extension et à la compression, et par conséquent la position de l'axe neutre;

3° Trouver la forme de la section qui, avec la même quantité de métal, donne la plus grande force;

4° Reconnaître l'effort qu'une barre, dont la section est donnée, peut supporter sans nuire à son pouvoir élastique.

---

(1) On verra plus loin que par l'addition de la partie appelée renflement inférieur, on obtient à poids égal un rail parallèle aussi fort qu'un rail ondulé et dont la hauteur dans le chair, n'est augmentée que de 3/4 de pouce.

EXPÉRIENCES POUR DÉTERMINER LA QUANTITÉ DONT LE FER S'ALLONGE SOUS DIFFÉRENTS DEGRÉS DE TENSION.

Ces expériences furent faites au moyen de l'instrument représenté par la fig. III, pl. 1. *abcd* est une pièce de cuivre d'un cinquième de pouce d'épaisseur, ayant à son sommet un arc divisé en dixièmes de pouce; *hfg* est une aiguille avec un vernier; elle tourne librement sur le centre *h; i* est une pointe en acier d'environ un demi-pouce de longueur; elle est placée en saillie et perpendiculairement à l'aiguille, de manière que les distances *fg* et *hi* soient entre elles comme 10 : 1.

En *e* se trouve une petite vis dont nous indiquerons l'usage plus loin.

abcd (fig. IV. pl. 1) est une autre pièce de cuivre ayant une vis en *e; f* est une pièce glissant dans une queue d'aronde dont la position est réglée par la vis *g; i* est une autre pointe d'acier en saillie.

ab (fig. V, pl. 1) est un support en fer ayant une vis de pression en *s;* en *i* est un trou destiné à recevoir la vis *e* de la figure précédente; un autre support exactement semblable à celui-ci, a pour but de recevoir la vis *e* de la première figure.

Les barres de fer destinées aux expériences avaient la forme indiquée par la fig. VII. Leur longueur était d'environ 10 pieds; elles furent fixées en *a* et en *b* à la machine d'essai (1) au moyen de chaines et de boulons.

---

(1) Les lords commissaires de l'amirauté ayant bien voulu m'accorder toutes les facilités que l'arsenal de Woolwich pouvait présenter pour faire ces expériences sur une échelle convenable. La ma-

Les deux supports y furent alors placés à la distance exacte de 100 pouces. On vissa les instruments (*fig. III* et *IV*) sur leurs supports respectifs; puis une légère verge de sapin fut suspendue sur les pointes *ii* au moyen de deux petits trous qu'on y avait percés à la distance de 100 pouces l'un de l'autre. Alors, au moyen de la vis de rappel (*fig. IV*), le vernier de la fig. III fut exactement mis au zéro.

Tout étant ainsi disposé, la pompe de la presse hydraulique fut mise en mouvement, et après la pression d'une tonne, deux tonnes, ou plus, suivant les dimensions de la barre, et tout se trouvant convenablement placé, l'aiguille était de nouveau ajustée à zéro, et alors l'index donnait les résultats de chaque tonne additionnelle.

On eut soin d'observer que l'extrémité de l'index devant décrire des arcs dix fois plus grands que ceux décrits par la pointe inférieure de la figure, les résultats de chaque opération, c'est-à-dire la quantité de l'allongement, se trouvait indiqué dix fois plus considérable. Pendant ces expériences, on enleva plusieurs fois la pression, et toujours l'index revint à zéro. Cet effet eut lieu jusqu'à ce que l'effort fut égal à environ 9 à 10 tonnes par pouce; alors l'allongement devint plus grand pour chaque tonne, et la barre ne reprit plus sa longueur primitive, lorsque l'effort fut retiré; son élasticité était évidemment altérée par cette tension.

---

chine d'essai dont il est parlé est une presse hydraulique construite par M. Bramah, principalement pour éprouver les cables en fer avant de les mettre en service. C'est une excellente machine; elle est capable d'un effort de 100 tonnes, et est sensible à une différence d'effort de 1/8 de tonne.

Les soins d'un seul individu ne pouvaient suffire pour conduire convenablement ces expériences. L'ajustement des poids, la lecture et l'enregistrement des indications exigeaient chacun toute l'attention d'une personne. La pompe demandait également à être manœuvrée avec beaucoup de précautions. Je me fais un plaisir de reconnaître combien j'ai été secondé par MM. Lloyd et Kingston, ingénieurs de l'arsenal, M. P. W. Barlow, ingénieur civil, ainsi que par le lieutenant Lecount, qui était venu de Birmingham pour assister à ces expériences.

EXPÉRIENCES

Sur l'extension longitudinale des barres de fer malléable, sous différents degrés de tension directe.

Tableau N° 1.

BARRE N° 1 (1 pouce carré). 21 Février.			BARRE N° 2 (1 pouce carré.) 21 Février.		
POIDS en tonnes.	INDICATIONS observées.	EXTENSION de la Barre par chaque tonne.	POIDS en tonnes.	INDICATIONS observées.	EXTENSION de la Barre par chaque tonne.
2	0,00		2	0,00	
3	0,0623	0,0000625	3½	0,11	0,0000733
4	0,156	0,0000935	4	0,15	0,0000800
5	0,265	0,0001090	5	0,24	0,0000900
6	0,375	0,0001100	6	0,35	0,0001100
7	non observé	moyenne.	7	0,44	0,0000900
8	0,562	0,0000935	8	0,52	0,0000800
9	non observé	moyenne.	9	0,62	0,0001000
10	0,750	0,0000940	10	0,70	0,0000800
11	.0,875	0,0001250	11	0,81	0,0001100
			12	1,13	élastic. comprom.
BARRE N° 3 (1 pouce carré). 23 Février.			**BARRE N° 4 (1 pouce carré.) 23 Février.**		
1	0,00		1	0,00	
2	0,16	0,0001600	2	0,15	0,0001500
3	0,31	0,0001500	3	0,28	0,0001300
4	0,44	0,0001300	4	0,42	0,0001400
5	0,56	0,0001200	5	0,56	0,0001400
6	0,67	0,0001100	6	0,69	0,0001300
7	0,79	0,0001200	7	0,79	0,0001000
8	0,91	0,0001200	8	0,97	0,0000800
9	1,03	0,0001200	9	1,16	élasticité détruite

Extension moyenne par tonne, par pouce carré . . . .
Barre N° 1 : 0,0000982
— N° 2 : 0,0000903
— N° 3 : 0,0001010
— N° 4 : 0,0000976

Moyenne des quatre Barres. 0,0000967

Tableau N° 2.

Poids en tonnes.	Indications observées.	Extension de la Barre par chaque tonne.
Barre N° 5 (2 pouces carrés). 28 février.		
4	0,00	
6	0,100	
8	0,180	0,000180
10	0,240	0,000140
12	0,290	0,000110
14	0,350	0,000110
16	0,400	0,000110
18	0,450	0,000110
20	0,500	0,000100
22	0,550	0,000100
24	0,600	0,000100
26	0,650	0,000100
28	0,695	0,000095
30	0,740	0,000090
32	0,790	0,000095
34	0,825	0,000085
36	0,860	0,000075
38	0,920	0,000095
40	1,050	0,000145
		élastic dépassée.
Barre N° 6 (2 pouces carrés). 28 février.		
4	0,00	
6	0,090	
8	0,150	0,000150
10	0,210	0,000120
12	0,250	0,000100
14	0,290	0,000080
16	0,335	0,000085
18	0,375	0,000080
20	0,410	0,000075
(Suite de la Barre n. 6.)		
22	0,445	0,000070
24	0,485	0,000075
26	0,525	0,000080
28	0,565	0,000080
30	0,620	0,000095
32	0,660	0,000095
34	0,730	0,000110
36		élastic. complète.
38		
40		
Barre N° 7 (2 pouces carrés). 7 mars.		
4	0,00	
6	0,065	
8	0,125	0,000125
10	0,175	0,000110
12	0,230	0,000050
14	0,280	0,000050
16	0,335	0,000050
18	0,385	0,000105
20	0,435	0,000100
22	0,480	0,000095
24	0,530	0,000095
26	0,575	0,000095
28	0,625	0,000095
30	0,670	0,000095
32	0,715	0,000090
34	0,755	0,000085
36	0,805	0,000090
38	0,850	0,000095
40	0,900	0,000095
		élastic. parfaite.

Extension moyenne par tonne, par pouce carré. . . . .
N° 5 : 0,0001082
N° 6 : 0,0000937
N° 7 : 0,0000841

Moyenne. 0,0000946
Moyenne du tableau précédent 0,0000967

clusions. S'il est dangereux de fixer *directement* le rail au chair, il doit être mauvais en pratique, de le faire d'une manière *indirecte* par des coins, ou tout autre moyen, si l'on va au-delà de ce qui est nécessaire pour donner au rail de la raideur sous le passage du fardeau ; car il est évident que, si, par ces moyens, nous pouvons prévenir tout mouvement, nous retombons dans l'inconvénient de l'attache permanente ; et si, comme cela arrivera très-probablement, le système d'attache n'est pas complètement permanent, alors le frottement qui est produit, devra être détruit par la force de contraction du fer ; et cet effort sera à déduire de la puissance primitive de la barre.

Le problème à résoudre par les ingénieurs, est donc : « de trouver un moyen de fixer le rail au chair, de manière à avoir à la fois une stabilité suffisante et le moins de résistance possible à la dilatation et à la contraction naturelle du rail. » *(Note A.)*

La quantité de mouvement qui a lieu ainsi est certainement très petite ; elle n'est que de $\frac{1}{11}$ de pouce entre l'hiver et l'été, pour un rail de 15 pieds ; mais la force de contraction est grande ; elle s'élève à 5 tonnes par pouce carré de section pour les températures extrêmes de l'année, et souvent en été, à 2 tonnes et demie au moins entre le jour et la nuit ; tandis que le pouvoir total du fer dans les limites de son élasticité, n'excède pas 9 ou 10 tonnes.

Cette considération est très importante, et faute d'y avoir eu égard, ou plutôt parce que les résultats précédents n'étaient pas bien connus, le système de fixer le rail avec des coins a prévalu, et a bien certainement été cause de la destruction d'un grand nombre de rails.

J'appellerai encore l'attention des praticiens sur l'observation suivante : lorsque le rail se contracte, il se retire du côté où il est le moins solidement fixé, et par conséquent tout le raccourcissement aura probablement lieu à une extrémité; et s'il arrive que deux extrémités adjacentes viennent à se retirer à la fois, l'espace qu'elles laissaient entre elles deviendra double de ce qui était nécessaire. Pour éviter cet inconvénient, on peut fixer invariablement à chaque rail, l'un des deux chairs du milieu; alors la contraction aura lieu à chaque extrémité, et l'espace produit par le raccourcissement des barres sera par conséquent uniforme sur toute la longueur de la voie. On éviterait ainsi un choc inutile et nuisible aux rails et aux voitures. *(Note A.)*

EXPERIENCES

Pour déterminer : 1° la résistance comparative du fer malléable à l'extension et à la compression, 2° la position de l'axe neutre dans les barres soumises à un effort transversal.

Soit AB (*fig. VIII, pl.* 1) une barre quelconque supportée en A et B, et chargée en son milieu d'un poids W qui la fait fléchir. Les fibres sont alors allongées entre *n* et *cd*, tandis qu'elles sont comprimées entre *n* et *c'd'*. Maintenant supposons le système en équilibre; $\frac{1}{2}$ W agissant à l'extrémité de la demi-longueur, ou $\frac{1}{4}$ Wl est équivalent à la somme de toutes les résistances à l'extension en *ncd*, et à toutes celles de la compression en *n c'd'*, chaque fibre agissant sur un levier égal à sa distance de l'axe neutre *n*. Par conséquent, comme la

quantité de l'extension de chaque fibre est comme sa distance à l'axe neutre, et le levier avec lequel elle agit, étant aussi comme cette distance, la résistance actuelle d'une fibre à la distance x, est comme $\frac{x^2 t}{d'}$, t étant la tension de la fibre inférieure, et d' sa distance au-dessous de l'axe neutre. La somme de toutes ces résistances sera : $\int \frac{t x^2 dx}{d'} = \frac{1}{3} d'^2 t$, lorsque $x = d'$, ou pour toute l'épaisseur. En même temps, c étant pris pour désigner la compression de la fibre supérieure correspondant à la tension t, la somme de toutes les compressions sera : $\frac{1}{3} d''^2 c$, d'' désignant l'épaisseur de la compression; par conséquent la somme totale est : $\frac{1}{3} d''c + \frac{1}{3} d'^2 t = \frac{1}{4} Wl$; mais $d''c = d' t$ (1), la quantité de résistance étant égale à celle de l'extension; cette formule devient alors : $\frac{1}{3} d'' d' t + \frac{1}{3} d'^2 t = \frac{1}{4} lW$, où $\frac{1}{3} (d'' + d') d' t = \frac{1}{4} lW$, ou $\frac{1}{3} d.d' t = \frac{1}{4} Wl$, d désignant l'épaisseur totale et d' l'épaisseur de la tension; d'où $d' = \frac{3 lW}{4 d a b} =$ l'épaisseur de la tension, et $d - d'$ l'épaisseur de la compression; par conséquent, $\frac{d'}{d - d'}$ est le rapport dans lequel l'axe neutre divise l'aire de la section dans les barres rectangulaires.

(1) Pour prévenir toute erreur, il convient d'observer qu'ici c n'est pas pris pour représenter la force nécessaire pour comprimer une fibre de la même quantité que la force t la fait allonger; mais simplement la force de compression en c, correspondante à la tension t sur la fibre inférieure. Par conséquent, l'équation $d'' c = d' t$ veut dire que la somme de toutes les forces en $n' c' d$ est égale à toutes les forces en n, c, d, ou que $a\ g = n\ a' g'$; a, a' désignant les aires, et g, g' les distances du centre de gravité à n, et prenant $n\ t$ pour indiquer la force qui comprimerait une fibre de la même quantité que la force t l'allongerait.

COMPARAISON DE LA FORMULE AVEC LES RÉSULTATS DE L'EXPÉRIENCE.

Pour appliquer cette formule aux résultats pratiques, on fit forger un chassis en fer ayant la forme indiquée par les fig. 9 et 10, pl. 1; DC a 36 pouces de long, 6 de largeur et 2 d'épaisseur; les deux bras ont 2 pouces carrés; leurs extrémités ont des dimensions plus fortes comme l'indique la figure.

La fig. 10 représente les bras vus de côté; à chaque extrémité est disposée une ouverture de 6 pouces sur 3, dans laquelle on plaça les barres soumises à l'expérience, comme AGB par exemple. L'espace entre les bras est de 33 pouces. Au moyen de forts cables en fer, on appliqua les efforts de la presse hydraulique aux points G et E, puis on prit note des résultats.

Pour mesurer avec tout le soin nécessaire les flexions de la barre sous la charge de différents poids, on fit exécuter avec beaucoup de soin l'instrument en fer indiqué par la fig. 6, pl. 1. AD, BC sont deux pieds en fer; au centre de AB passe une vis SH, de 20 pas par pouce, et dont la tête est divisée en cinq parties égales, qui sont elles-mêmes divisées en dix; ainsi, une flexion de $\frac{1}{1000}$ de pouce pouvait être facilement mesurée.

Pour se servir de cet instrument, on en posait les deux pieds sur la barre, et on la maintenait dans cette position au moyen de crampons et de vis. La vis micrométrique était alors mise en contact avec la barre, et à chaque effort de la presse, on enregistrait les résultats indiqués dans la table suivante.

Les six premières expériences furent faites sur différentes parties des barres nos 5, 6 et 7, sans les couper, et en les introduisant dans le chassis décrit ci-dessus; la portée était par conséquent de 33 pouces. Les efforts furent successivement augmentés jusqu'à ce que les flèches fussent arrivées au point reconnu pour altérer l'élasticité. Ces efforts ayant été préalablement constatés dans les expériences précédentes, ils fournissent les meilleures données possibles pour appliquer la formule destinée à déterminer la position de l'axe neutre.

EXPÉRIENCES

Faites pour constater : 1° les flexions dues à différents efforts transversaux, 2° le poids qui produit un effort égal au pouvoir élastique, et 3° la position de l'axe neutre.

TABLEAU N° 3.

1re Partie. — BARRE N° 5. Portée 33 pouces (2 pouces carrés)			2me Partie. — BARRE N° 5. Portée 33 pouces (2 pouces carrés)		
POIDS en tonnes.	INDICATIONS de l'échelle*	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.	POIDS en tonnes.	INDICATIONS de l'échelle.	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.
sans poids.	1,96		sans poids.	1,95	
0,875	1,92	0,023	0,750	1,92	0,020
1,00	1,90		1,00	1,91	0,020
1,50	1,90	0,016	1,50	1,89	0,020
2,00	1,88	0,020	2,00	1,86	0,030
2,50	1,86		2,50	1,84	0,020
poids enlevé	revenu à 1,96		poids enlevé	revenu à 1,95	
3,00	1,80	élasticité altérée.	3,00	1,67	élasticité altérée.
poids enlevé	1,88		poids enlevé	1,81	

* *Dans les premières de ces expériences, les flèches furent mesurées au moyen d'une échelle placée au-devant de la barre; la vis micrométrique n'étant pas encore prête.*

1re Partie. — BARRE No 6.

POIDS en tonnes.	Indications de l'échelle.	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.
sans poids.	»	»
0,50	1,56	»
1,00	1,50	»
1,5	1,48	0,020
2,0	1,43	0,030
2,5	1,24	0,210 alt.
3,0		

2me Partie. — BARRE No 6.

POIDS en tonnes.	Indications de la vis micrométr.	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.
sans poids.	0,025	»
0,50	0,043	0,018
1,0	0,068	0,025
1,5	0,091	0,023
2,0	0,128	0,037 alt.
2,25	0,178	0,100
2,50	0,313	0,185

1re Partie. — BARRE No 7.
Portée 33 pouces (2 pouces carrés)

	Indications de la vis micro-métrique.	
sans poids.	0,031	»
0,50	0,053	0,022
1,0	0,077	0,024
1,5	0,096	0,019
2,0	0,126	0,030
2,5	0,147	0,021
3,0	0,211	0,064 alt.

2me Partie. — BARRE No 7.
Portée 33 pouces (2 pouces carrés)

sans poids.	0,025	»
0,50	0,056	0,031
1,00	0,077	0,021
1,5	0,098	0,021
2,0	0,109	0,011
2,5	0,137	0,028 alt.
3,0	0,180	

3e Partie. — BARRE No 7.

sans poids.	0,075?	
0,50	0,130	
1,00	0,153	0,023
1,5		0,023
2,0	0,199	0,023
2,5	0,220	0,021
3,0	0,290	0,070 alt.

2e Parte. — BARRE No 7 retournée

sans poids.	0,025	
0,50	0,054	0,029
1,0	0,092	0,038
1,5	0,153	0,061
2,0	0,235	0,082

Elasticité évidemment altérée par la première expérience.

Il résulte de ces expériences que les deux parties de la barre n° 5, dont l'élasticité directe était 9,5 tonnes, avaient pour limite de leur pouvoir *restituant,* un effort transversal de 2 $\frac{1}{2}$ tonnes pour une partie de 33 pouces. On a par conséquent la formule : $d' = \frac{3\,l\,w}{4\,d\,a\,t}$. Nous

avons : $l = 33$, $w = 2\frac{1}{2}$, $d = 2$, $a = 2$, $t = 9{,}5$, et $d' = 1{,}62$ pouces, hauteur de la tension.

Conséquemment, $d'' = 38$ pouces, hauteur de la compression, et le rapport de l'aire de compression à celui de tension est. . . . . 1 : 4,3

Dans la première partie de la barre n° 6, w n'est pas tout-à-fait égal à deux tonnes, et $t = 8{,}5$ tonnes; par conséquent le rapport est 1 : 2,7

Dans la deuxième partie de la même barre, il est de . . . . 1 : 2,7

Dans la première, la deuxième et la troisième partie de la barre n° 7, $w = 2\frac{1}{2}$ tonnes, et $t = 10$ tonnes; le rapport est alors. . . . 1 : 3,4

Autant que ces expériences peuvent faire autorité, on doit en conclure que l'axe neutre divise la surface de la section d'une barre rectangulaire dans le rapport d'environ un à trois et demi.

Dans les expériences suivantes, le fer fut entièrement fourni par M. Gordon; il était de la même qualité que la barre n° 7. Par conséquent son élasticité peut être portée à 10 tonnes; elle ne fut pas déterminée directement comme pour les expériences précédentes.

Tableau N° 4.

DISTANCE de portée.	ÉPAISSEUR.	HAUTEUR.	POIDS.	FLÈCHES	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.	REMARQUES.
			BARRE N° 8.			
pouc^s	pouc^s	pouc^s	tonnes.			
33	1,9	2	0,125	0,034		
			0,250	0,046		
			0,500	0,060		
			1,000	omis.	0,019	
			1,50	0,098	0,019	Moyenne.... 0,024
			2,00	0,120	0,022	w = 2,25
			2,25	0,134	0,028	Axe neutre.. 1 : 3,4
			2,50	0,151	0,034	
			2,75	0,176	0,044	Elasticité altérée avec 2,50 tonnes.
			BARRE N° 9.			
33	1,9	2	0,250	0,047		
			0,500	0,055	0,016	
			1,00	0,077	0,022	
			1,50	0,097	0,020	Moyenne..... 0,021
			2,00	0,123	0,026	w = 2,25
			2,25	0,132	0,018	Axe neutre ... 1 : 3,4
			2,50	0,145	0,026	
			2,75	0,164	0,038	Elast. alt. avec 2,5 tonn.
			3,00	0,210	0,092	Id. détruite av. 3 tonn.
			BARRE N° 10.			
33	1,9	2	0,500	0,056		
			1,00	0,076	0,020	Moyenne 0,024
			1,50	0,095	0,019	w = 2,5
			2,00	0,124	0,029	Axe neutre... 1 : 4,2
			2,50	0,151	0,027	
			3,00			

Les résultats des trois dernières expériences sont confirmés par l'observation directe de la place de l'axe neutre.

Ces expériences prouvent comme les premières que, suivant la formule, l'axe neutre se trouve à environ $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ de la hauteur de la barre, à partir de la surface supérieure de cette barre; mais on a adopté dans celles-ci une méthode pour trouver, s'il est possible, cette position d'une manière mécanique.

Pour cela, on a pratiqué sur le côté de la barre, une rainure d'un pouce de largeur et de $\frac{1}{10}$ de pouce de profondeur; l'épaisseur de la barre se trouvait réduite à 1,9 pouce. Dans cette rainure, était ajustée une clé en acier, pouvant se mouvoir facilement. Lorsque l'effort avait lieu, la clé était introduite, et elle s'arrêtait au point où la compression commençait : cet effet eut lieu dans deux des trois barres, mais non dans la troisième, l'ajustement n'ayant pas été fait avec assez de soin. Toutefois, les deux autres montrèrent d'une manière évidente, une contraction de la rainure à environ un demi-pouce du dessus de la barre, résultat conforme aux précédents. Pour rendre ces effets plus certains, on prit trois barres exactement semblables aux premières; on y pratiqua des rainures plus profondes, et les clés y furent ajustées avec plus d'exactitude; les résultats furent aussi décisifs qu'on pouvait le désirer. Comme nous l'avons dit plus haut, la clé, avant l'expérience, pouvait se mouvoir facilement, mais lorsque l'effort était porté à deux tonnes, la clé ne pouvait s'avancer et s'arrêtait à un point déterminé. L'effort étant retiré, la clé tombait par son propre poids; si l'effort avait lieu de nouveau, la

clé s'arrêtait comme auparavant; cet effet eut lieu chaque fois que l'expérience en fut faite, et il fut précisément le même pour les trois barres. Une d'elles fut alors renversée de manière que la partie comprimée se trouvât soumise à l'extension, et nous trouvâmes exactement le même résultat. Ainsi, il fut démontré de la manière la plus satisfaisante, que notre calcul pour déterminer la situation de l'axe neutre, approchait beaucoup de la vérité. Les mesures obtenues dans ces expériences, étaient: tension 1,6; compression 0,4; quantités qui donnent exactement le rapport de 1 à 4 pour les barres rectangulaires. Ces résultats semblent être plus positifs que ceux obtenus jusqu'à présent. Il paraît cependant probable que ce rapport doit varier selon la qualité du fer, mais d'après les expériences précédentes, il est toujours entre les termes 1 : 3 et 1 : 5.

Sur la raideur des barres de fer rectangulaires et leurs flexions sous différents poids.

Quoiqu'il soit nécessaire de connaître la limite de la résistance réelle des barres, pour déterminer la force relative des barres de différentes formes, cependant il importe plus, pour la pratique, de connaître leur raideur sous la charge de poids plus faibles; car on ne doit jamais soumettre une barre à un effort si voisin de la limite de résistance. En conséquence, nous n'en ferons pas le sujet immédiat de nos recherches.

Les expériences relatées dans la dernière section sont applicables à cet objet; mais comme les barres sont toutes de la même hauteur, nous avons pensé qu'il se-

rait préférable de faire quelques nouvelles expériences avec des barres de hauteur et d'épaisseur différentes. Nous avons fait ces expériences en suivant la même marche que pour les précédentes ; nous nous bornerons en conséquence à les relater sans nouvelle description.

EXPÉRIENCES SUR LA FLEXION DU FER MALLÉABLE SOUS DIFFÉRENTS EFFORTS.

LONGUEUR des portées.	ÉPAISSEUR.	HAUTEUR.	POIDS.	FLÈCHES	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.	REMARQUES.
			BARRE N° 11.			
pouc^s	pouc^s	pouc^s	tonnes.			
33	1,5	3	0,125	0,043		
			0,500	0,059		
			1,00	0,074	0,015	Moyenne, 0,0103.
			1,50	0,083	0,009	
			2,00	0,093	0,012	
			2,50	0,101	0,006	
			3,00	0,109	0,008	
			3,50	0,120	0,011	
			4,00	0,131	0,011	
			4,50	0,148	0,017	$w = 4\frac{1}{2}$, axe neutre 1:4,9 Elasticité conservée à $4\frac{1}{4}$ tonnes.
			BARRE N° 12.			
33	1,5	3	0	0		
			0,50	0,017		
			1,00	0,037 ?		
			1,50	0,052	0,015	Moyenne, 0,0108.
			2,00	0,061	0,009	
			2,50	0,064	0,003	
			3,00	0,078	0,014	
			3,50	0,089	0,011	
			4,00	0,102	0,013	
			4,50	0,124	0,022	$w = 4\frac{1}{4}$, axe neutre 1: 4,9 Elasticité attaquée.

LONGUEUR des portées.	ÉPAISSEUR.	HAUTEUR.	POIDS.	FLÈCHES	FLÈCHES pour chaque demi-tonne.	REMARQUES.
BARRE No 13.						
33	1,5	2,5		0,006		
			0,50	0,003	0,024	
			1,00	0,030	0,020	
			1,50	0,060	0,010	Moyenne, 0,0173.
			2,00	0,074	0,014	
			2,50	0,093	0,019	$w = 3$, axe neutre 1 : 4.9.
			3,00	0,110	0,017	Elast. conservée, 3 tonnes.
			3,50	0,149		
			7,50	pliée 8 pouces.		

Pour déduire de ces résultats la loi de flexion, nous aurons recours à deux formules bien connues, savoir :

$$\frac{l\,w}{4\,a\,d^2} = S \text{ et } \frac{l^3\,w}{a\,d^3\,\delta} = E$$

qui sont deux quantités constantes pour la même matière, w étant le plus grand poids que la barre puisse porter sans altérer son élasticité ; conséquemment, lorsque l est aussi le même dans les deux, $d\delta$ sera aussi constant, a étant l'épaisseur, d la hauteur et δ la flexion. C'est-à-dire que toutes les barres rectangulaires ayant la même longueur, la même portée, et chargées au centre, d'un poids égal à la limite de leur pouvoir élastique, fléchiront de manière que leur flèche (δ) étant multipliée par leur hauteur (d), le produit sera une quantité constante, quelles que soient d'ailleurs leur épaisseur ou autres dimensions, pourvu que leur longueur reste la même.

Examinons maintenant comment plusieurs de nos résultats s'accordent à peu près avec ces conditions.

Dans les barres nos 8, 9, 10, 11, 12, 13, multipliant

la flexion moyenne pour chaque demi-tonne, par le nombre de demi-tonnes qui excite complètement l'élasticité, et le produit par la hauteur de la barre, nous trouvons :

N° 8	flèche extrême	0,108	× 2	=	0,2160
N° 9	—	0,094	× 2	=	0,1880
N° 10	—	0,120	× 2	=	0,2400
N° 11	—	0,0876	× 3	=	0,2628
N° 12	—	0,0918	× 3	=	0,2754
N° 13	—	0,1038	× 2 ½	=	0,2595
				Total. . .	1,4417

qui, divisé par 6, donne pour la moyenne 0,2403

La barre n° 9 présente une grande différence avec cette moyenne ; les autres barres en approchent autant qu'on peut le désirer en pareil cas.

Si nous faisons le même essai sur les trois parties de la barre n° 7, nous avons :

1re partie.	0,116	× 2	=	0,2320
2me —	0,105	× 2	=	0,2100
3me —	0,115	× 2	=	0,2300

Divisant par 3 le total. 0,6720
nous aurons pour moyenne. 0,2240
Première moyenne. 0,2403

Divisant par 2 le total des deux moyennes 0,4643
la moyenne générale sera. 0,2321

En conséquence, nous pouvons dire que toute barre de fer malléable de 33 pouces de portée, étant éprouvée à la limite de son élasticité, fléchira de manière que sa hauteur multipliée par la flèche due à 30 pouces, pro-

duira la quantité décimale 0,23 ; par conséquent, $\frac{0,23}{d}$ = la flexion, *d* étant la hauteur en pouces.

Cette formule ne s'applique qu'aux barres rectangulaires. Pour la rendre générale, il faut la rapporter à l'axe neutre, qui, dans les barres rectangulaires, est à $\frac{1}{5}$ de la hauteur à partir de la surface supérieure; alors la constante ci-dessus, rapportée comme nous venons de le dire, devient $0,2321 \times \frac{4}{5} = 0,1857$. Mais d'un autre côté, notre instrument pour mesurer les flexions, avait seulement 30 pouces de long; par conséquent il faut l'augmenter dans le rapport de $30^2 : 33^2$, ou comme $10^2 : 11^2$, de manière qu'en définitive la formule devient $d'\delta = 0,22$, *d'* représentant maintenant la hauteur de la barre au-dessous de l'axe neutre. Dans cette forme, la formule est générale pour les rails parallèles, quelle que soit leur section.

Dans ces expériences, nous remarquâmes une circonstance particulière, et bien qu'elle ne se rapporte pas immédiatement au sujet en question, elle mérite d'être notée. Elle tient, je pense, à la bonne qualité du fer malléable; c'est que la résistance à la compression, quoique beaucoup plus grande que la résistance à l'extension, est la première qui perd son pouvoir *restituant;* car si nous augmentions l'effort de manière à surpasser le pouvoir élastique, le point de compression descendait à peu près au milieu de la hauteur; ce qui prouve que la force de tension, quoique beaucoup moindre, est plus persistante; c'est, je crois, le contraire dans la fonte, son pouvoir de tension cède le premier et cause une fracture subite, et par conséquent la destruction de la barre.

La surface de la section étant donnée, trouver la figure de plus grande résistance.

Ayant établi les données précédentes, je pourrais maintenant procéder directement à la recherche de la figure de plus grande résistance, la surface étant donnée; mais ce serait peu avantageux, car la forme que nous trouverions serait tout-à-fait inapplicable aux railsways; en effet, elle serait disposée de manière que le métal serait principalement réuni dans la partie inférieure, tandis que pour les rails, il faut nécessairement employer une certaine quantité de métal, peut-être les $\frac{2}{5}$, à former la partie supérieure sur laquelle doivent circuler les voitures. Ainsi, nous devons donc commencer par mettre de côté cette quantité, et pour la distribution du reste, nous serons encore obligés d'avoir égard aux exigences de la pratique. Par conséquent, au lieu de déterminer mathématiquement l'aire de résistance au maximum, il sera plus utile de calculer directement la résistance des sections qui tombent dans les limites d'une application pratique; puis nous choisirons celle qui nous paraîtra préférable sous tous les rapports.

D'après ces restrictions, nous aurons à considérer les trois formes de rails suivantes :

1° Le rail ayant la forme de T simple (*fig. XI, pl.* 1);

2° Le rail en la forme de H ou double T avec une table inférieure (*fig. XII);*

3° Le rail trapézoïdal (*fig. XIII)*.

Chacun de ces rails peut admettre différents changements dans les proportions, sans que le caractère général de la section soit altéré.

Les tables supérieures et inférieures sont représentées ici comme étant rectangulaires et ayant des arrêtes vives; en pratique, on les arrondit, et avec le métal déplacé, on forme une espèce de congé qui réunit la table supérieure et le corps du rail comme on le voit fig. XIV. Mais traiter la question en adoptant une telle forme pour base, ce serait compliquer considérablement les calculs sans en affecter sensiblement les résultats. Il suffira donc de considérer la section des rails comme entièrement renfermée par des lignes droites.

Je ferai observer ici que quelques ingénieurs ont proposé de donner les mêmes dimensions aux deux tables, afin que, si par la suite, la table supérieure venait à être usée, on pût retourner le rail, et remplacer la table supérieure par la table inférieure. Cette prévoyance n'est pas fondée. En effet, la table inférieure est celle qui a le plus d'importance pour la force, et il serait vraiment dangereux d'essayer de retourner un rail, lorsque l'un de ses côtés a été soumis pendant plusieurs années à une grande force de compression, et que, par cela même, on suppose ce rail fortement altéré; on exposerait alors la partie attaquée à un plus grand effort, qui, au lieu d'être de compression, serait de tension, et ne manquerait pas de détruire rapidement le rail. En conséquence, je suis d'avis de donner à la table inférieure la forme plus convenable pour son usage actuel, et sans avoir égard à l'avenir. (*Note D.*)

Sans aucun doute, le rail est détérioré par l'usure et par sa position; mais on ne sait pas encore de quelle quantité. Dans les écrits soumis à MM. Rastrick et Wood, à qui j'avais été adjoint, nous trouvâmes qu'elle était évaulée à $\frac{1}{6}$ de livre par yard et par année; mais

depuis je l'ai vue estimée, dans une lettre de M. Dixon à M. Bidder, à $\frac{1}{10}$ de livre par yard et par an. Pour déterminer cette quantité, on prit trois rails, et après les avoir bien nettoyés on les pesa, puis on les remit en place. Douze mois après, on fit la même opération, et l'on trouva que deux d'entre eux avaient perdu $\frac{1}{2}$ livre pour les 5 yards et le troisième $\frac{3}{4}$. Ce dernier fut mis de côté parce qu'il s'était trouvé exposé à un frottement plus considérable. Cette expérience ne prouve pas que toute la perte de poids ait lieu dans le partie supérieure du rail; s'il en était ainsi, ce serait, comme je l'ai déjà fait observer, une raison majeure de ne point retourner le rail. D'un autre côté, si la perte n'a pas lieu sur la partie supérieure, la prévoyance dont nous avons parlé, devient inutile. M. Rastrick m'informe que même les petites bavures laissées à la jonction des cylindres sont encore parfaitement visibles sur la surface supérieure des rails; M. Stephenson a constaté que les marques laissées par les outils en tournant les rebords des roues, sont rarement effacées; ce qui prouve en tout cas qu'il n'y a pas d'usure latérale. *(Note C.)*

M. Georges Bidder, qui attribue toute la perte à l'usure de la surface supérieure, évalue la réduction annuelle à $\frac{1}{10}$ de pouce; dans ce cas, la durée des rails ne serait que de trente années. Reste maintenant à savoir si, sous le rapport d'économie, il ne serait pas préférable d'ajouter $\frac{1}{2}$ de pouce à l'épaisseur de la table supérieure; d'après l'observation précédente, les rails pourraient alors durer soixante années. Cette augmentation de $\frac{1}{2}$ de pouce produirait un accroissement de dépense d'environ 7 $\frac{1}{2}$ pour 100, et cette quantité de 7 $\frac{1}{2}$ pour 100, à intérêts composés, s'élèverait dans trente années à

environ 30 pour 100, dépense qui atteindrait probablement le montant des frais nécessités par une nouvelle fabrication des rails et par la perte de métal; ainsi, les deux comptes se balanceraient. Mais alors il faut préférer le dernier parti par les raisons suivantes:

1° En augmentant le poids de la barre, on augmenterait la difficulté de fabrication et l'on diminuerait probablement sa ténacité;

2° L'expérience de trente années peut introduire des perfectionnements dont il serait à désirer qu'on pût profiter à la fin de cette période;

3° D'après l'opinion de différents praticiens, je ne pense pas qu'il ait été bien clairement démontré combien l'usure de la surface supérieure produirait de perte de métal. *(Notes C et D.)*

Revenant au sujet de la meilleure forme à donner à la section des rails, je crois devoir répéter que quel que soit le parti adopté par les praticiens, d'après les considérations ci-dessus, ou d'après toutes autres, pour la figure à donner aux différentes parties du rail, il suffira, pour le calcul, de considérer la section comme renfermée par des lignes droites. On facilitera ainsi les recherches sans en affecter sensiblement les résultats.

Force comparative de rails parallèles de différentes formes.

Soit ABCD *(fig. XV, pl. 1)* un rail rectangulaire avec table inférieure; *nn* son axe neutre; *c* le centre de compression, *cn* étant les $\frac{2}{3}$ de *hn*. La tension de chaque fibre étant comme sa distance de l'axe neutre, et celle

de la fibre inférieure étant donnée égale à t, la tension à une distance variable x, sera $\frac{tx}{d}$ (d étant pris pour désigner la hauteur totale ns). Par conséquent la somme de toutes les tensions sera : $\frac{t}{d'} \int x \,.\, dx$ (1) quantité connue, x étant pris dans ses propres limites, eu égard à la figure de la section.

Mais comme la résistance effective de chaque fibre est aussi comme sa hauteur au-dessous de la ligne nn, la somme de toutes les résistances sera : $\frac{t}{d'}\int x^2 . dx$ (2) x étant également pris ici dans ses propres limites. Alors, pour trouver le centre de tension, ou le point dans lequel, si toutes les tensions étaient réunies, la résistance totale serait la même que dans le cas actuel, on aura la formule : $\frac{\int x^2 . dx}{\int x \,.\, dx}$ (3)

Elle est précisément l'expression du centre d'oscillation d'un disque de la même figure.

Nous en déduirons la règle générale ci-après, pour trouver la résistance ou le poids qu'une barre ou un rail donné supportera en son milieu, sans altérer son pouvoir élastique.

Faisant l'intégrale de la formule (1) $=$ A,
» » » (2) $=$ B,
» » » (3) $=$ D,
et la distance. . . . . cn $=$ C,
et rapportant la somme de toutes les résistances B au centre commun de compression, nous avons :

$$D : D + C :: B : \frac{B\,(D + C}{D}$$

qui est l'effet total.

Cette solution est suffisante pour les personnes qui connaissent le calcul intégral; mais comme cet article sera probablement consulté par des praticiens, il sera plus convenable de donner une solution particulière à un rail embrassant, sous une figure générale, toutes les formes ordinaires; les variations ayant lieu seulement dans la hauteur, la largeur et l'épaisseur des parties.

Soit ABCD (*fig. XV*, *pl.* 1), une section de ce genre, et dont les dimensions sont données, ainsi que la position de l'axe neutre nn, le point c qui est le centre de compression, cn étant $\frac{2}{3}$ de nh, et le point m centre rs. Les largeurs nn, mm sont également connues.

La résistance de toute la section rapportée au centre commun de compression c, peut être considérée comme composée de trois résistances :

1° Celle de la côte du milieu $vtzw$, c'est-à-dire y compris son prolongement dans les deux tables;

2° Celle de la tête AEFB, moins le prolongement de la côte du milieu;

Et 3° celle de la table inférieure GCDH, non compris la partie appartenant au prolongement de la partie centrale.

Appelant t la tension du fer par pouce carré, exactement dans ses limites d'élasticité, nous aurons :

1° Résistance de $vtzw = \frac{1}{3} hs\,.\,ns\,.\,qp\,.\,t$;

2° Résistance de AEFB $= \frac{1}{3} hx\,.\,nx\,.\,(nn - qp)\,\frac{nx}{ns}\,t$

Maintenant, soit $nm + \frac{rs^2}{12\,nm} = \delta'$, et $\delta' + cn = \delta''$, alors nous aurons :

3° Résistance de GCDH $= nm\,.\,rs\,(mm - qp)\,\frac{\delta''}{d'}\,t$.

Ces trois résistances étant calculées, appelons s leur

somme, et l la distance de portée; alors $\frac{4s}{l} = w$, le poids que la barre doit supporter en son milieu pendant un temps indéfini, et sans altération de son élasticité.

Rail trapésoïdal (fig. XVI, pl. 1).

Prolongez les côtés inclinés jusqu'à leur intersection avec l'axe neutre en p et q; alors la règle donnée ci-dessus, sera applicable à la tête AEFB, et à la côte centrale $vtzw$; et pour les deux côtés pCt, qDz, la formule est : $\frac{1}{3}\left(\frac{3}{4} ns + cn\right) \times (CD - pq)\, ns.t$(*).

Ajoutant cette quantité à celle de la tête et de la partie centrale, multipliant cette somme par 4, et divisant le produit par l, on obtiendra le poids cherché.

Une autre méthode générale et très curieuse pour trouver la résistance d'un rail, nous est suggérée par la remarque faite précédemment, que le centre de tension est le même que le centre d'oscillation d'un disque ayant la forme de la section du rail, coupée à son axe neutre. Cette méthode peut être ainsi énoncée :

Déterminez le centre d'oscillation et le centre de gravité de l'aire au-dessous de l'axe, au moyen des méthodes mécaniques connues; puis appelez o la distance du premier au-dessous de l'axe neutre, et g celle du dernier; a l'aire; d' la hauteur; c la distance cn; t la ten-

---

(*) Cette quantité renferme les deux petites parties communes à la tête et aux deux parties triangulaires ; mais elles sont de si peu d'importance, qu'elles ne peuvent influer d'une manière sensible sur le résultat.

sion, et l la longueur de la portée ; le poids que la barre supportera sera alors : $w = 4\,\frac{(o+c)\,a\,g\,t}{l\,d'}$

Cependant les règles précédentes seront en général préférables, surtout lorsque quelques unes des dimensions deviennent fixes, comme cela arrive ordinairement dans le cas dont nous nous occupons. Par exemple, quelle que soit la forme de la section, on peut en général supposer à la tête, une superficie égale aux $\frac{1}{4}$ de la section, et par conséquent, dans les forts rails, elle aura environ 2 pouces de section et 1 pouce de hauteur ; le renflement inférieur, si on en fait un, aura la même hauteur que la tête, et l'axe neutre divisera en deux parties égales, la tête ou table supérieure (*). Avec des dimensions ainsi fixées, les formules précédentes, page 41, peuvent s'énoncer comme il suit ; toutefois, elles ne s'appliqueront qu'aux rails de fortes dimensions ; pour les autres cas, il sera préférable d'avoir recours aux règles générales.

(*) Nous avons les moyens de calculer la position de l'axe neutre par la donnée obtenue des expériences, page 31, qui indiquent que dans une barre rectangulaire, l'aire est divisée dans le rapport de 1 : 4 ; mais dans les recherches de cette espèce, moins nous nous reposons sur la théorie, mieux cela vaut. En conséquence, j'ai déduit la position ci-dessus des expériences faites sur les rails existants, page 30, en considérant la distance $n\,h$ comme inconnue, et égalant la formule dans cette forme, avec la force élastique moyenne qu'on a trouvée être de $8\,\frac{1}{4}$ tonnes. L'équation est par conséquent, $\frac{1}{3}\left\{5\,(5-x)\,9 + \frac{11\,.\,(1-x)^2}{5-x}\right\} = \frac{8\frac{1}{4} \times 33}{4}$ laquelle donne $x = 0{,}47$; soit 0,50.

Résistance de la tête ou table supérieure du rail.

1° Retranchez l'épaisseur de la partie centrale de 2 pouces, et multipliez le reste par 10;

2° Retranchez un demi-pouce de toute la hauteur, et multipliez le reste par 12.

Alors le premier produit divisé par le dernier, donnera la résistance en tonnes due à la tête, non compris le prolongement de la partie centrale.

Résistance de la partie centrale du rail.

Multipliez la hauteur totale du rail par cette hauteur totale diminuée d'un demi-pouce, et ce produit par dix fois l'épaisseur de la partie centrale. Ce dernier produit divisé par 3, sera la résistance en tonnes de cette partie prolongée dans la hauteur totale, c'est-à-dire dans les tables supérieure et inférieure.

Résistance de la table inférieure du rail.

1° Multipliez la hauteur totale du rail, moins un pouce, par l'épaisseur de la table inférieure, moins l'épaisseur de la partie centrale, et ce produit par 10;

2° De la hauteur totale du rail, retranchez un pouce, et à douze fois le carré du reste, ajoutez six fois ce reste; à ce résultat donnez le nom de *premier nombre*. De cette quantité, retranchez deux fois le reste, et ajoutez 1, vous aurez le *deuxième nombre*. Etablissez alors la proportion suivante : le premier nombre est au deuxième

comme le produit obtenu dans la première partie de la règle, est à la résistance de la table inférieure, non compris le prolongement de la partie centrale.

Enfin, la somme de ces trois résistances multipliée par 4, et divisée par la longueur exacte de la portée, sera le poids que le rail supportera sans être altéré.

Pour rendre plus intelligibles les règles précédentes, nous allons en donner quelques applications.

Application des règles précédentes.

1° Dans le rail de M. Stephenson, la plus grande hauteur est 5 pouces; la partie centrale ou côte est unie, et son épaisseur est de 0,90 de pouce. Nous aurons donc

Résistance de la tête : $\left\{ \begin{array}{l} (2 - 0{,}90) \times 10 = 11 \\ (5 - \frac{1}{2}) \times 12 = 54 \end{array} \right\} \frac{11}{54} = 0{,}20$

Id. de la partie centrale, ou côte. . . . . $\frac{4\frac{1}{2} \times 5 \times 0{,}90 \times 10}{3} = 67{,}50$

67,70

et $\frac{4 \times 67{,}70}{33} = 8{,}21$ tonnes, le plus grand poids.

La flexion avec ce poids $\frac{0{,}22}{4{,}50} \times \frac{4}{5}$ (*) $= 0{,}066$.

2° Rail parallèle de même hauteur et de même poids, c'est-à-dire 50 livres par yard. L'épaisseur de la partie centrale est égale à 0,78; nous aurons :

Résistance de la tête : $\left\{ \begin{array}{l} (2 - 0{,}78) \times 10 = 12{,}20 \\ (5 - \frac{1}{2}) \times 12 = 54 \text{ »} \end{array} \right\} \frac{12{,}20}{54} = 0{,}225$

Id. de la partie centrale : $\frac{4\frac{1}{2} \times 5 \times 0{,}78 \times 10}{3} = 58{,}50$

58,725

(*) Voir pages 13 et 35.

Et $\frac{4 \times 58,725}{33} = 7.11$ tonnes, le plus grand poids.

Flèche avec ce poids : $\frac{0,22}{4,50} = 0,048$

3° Rail parallèle avec table ou renflement à la base, la hauteur est encore de 5 pouces ; la partie centrale ou côte a 0,60 d'épaisseur ; la base a 1,32 de largeur, et le poids total est de 50 livres par yard.

Résistance de la tête : $\left\{\begin{matrix}(2-0,6) \times 10 = 14 \\ (5-\frac{1}{2}) \times 12 = 54\end{matrix}\right\} \frac{14}{54} = 0,26$ ton.

Id. de la partie centrale : $\frac{4\frac{1}{2} \times 5 \times 0,60 \times 10}{3} = 45,00$

Id. de la table inférieure : $\left\{\begin{matrix}(5-1) \times 0,72 \times 10 = 28,80 \\ 12(5-1)^2 + 24 = 216 = 1^{er} \text{ nombre.}\end{matrix}\right.$

$216 - 7 = 209 = 2^{me}$ nombre.

$216 : 209 :: 28,80 : 27,94$ 27.94

73.20

Et $\frac{73.20 \times 4}{33} = 8\frac{3}{4}$ tonnes pour le plus grand poids.

Flèche avec ce poids : $\frac{0,22}{4,50} = 0,048$

4° Comme autre exemple, prenons un rail parallèle de 50 livres par yard et 4 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur ; la partie centrale a $\frac{7}{10}$ de pouce d'épaisseur, et la base 1,39.

Résistance de la tête : $\left\{\begin{matrix}(2-0,70) \times 10 = 13 \\ (4\frac{1}{2}-\frac{1}{2}) \times 12 = 48\end{matrix}\right\} \frac{13}{48} = 0,27$ ton.

Id. de la partie centrale : $\frac{4 \times 4\frac{1}{2} \times 0,70 \times 10}{3} = 42,00$

Id. de la base : $\left\{\begin{matrix}3\frac{1}{2} \times (1.39 - 070) \times 10 = 24.15 \\ 12(3\frac{1}{2})^2 + 21 = 168 = 1^{er} \text{ nombre.}\end{matrix}\right.$

$168 - 6 = 162 = 2^{me}$ nombre.

$168 : 162 :: 24,15 : 23,28 =$ 23.28

65.55

$\frac{4 \times 65,55}{33} = 8$ tonnes environ pour le plus grand poids.

Flèche avec ce poids : $\frac{0,22}{4} = 0,055$.

Remarques sur les résultats précédents.

Il résulte de ce qui précède, qu'il est toujours possible de faire un rail parallèle ayant des proportions reconnues bonnes par la pratique, et dont la force soit égale à celle d'un rail ondulé de même poids. Je suis en conséquence décidément convaincu, après avoir entendu et bien pesé les divers arguments avancés en faveur de cette dernière forme, que le rail parallèle est préférable par les raisons suivantes :

1° Quoiqu'il ne soit pas plus fort ni plus raide dans son point milieu que le rail ondulé, le contraire a lieu à un degré très sensible pour tout autre point;

2° La flexion d'un rail parallèle pendant le passage d'un fardeau, est plus faible pour les autres points que pour le milieu; c'est le contraire pour le rail ondulé. Par conséquent, l'élévation, et la descente des voitures après le passage sur un support, sont plus rapides dans un cas que dans l'autre.

Je suis disposé à attribuer à cet effet, plutôt qu'à un manque de force uniforme, les diverses fractures que l'on remarque dans les rails ondulés, à peu de distance des supports. Cependant il y a, ou il y a eu, jusqu'à présent, un manque réel d'égalité de force vers les points d'appui dans les rails de cette dernière forme. C'est là, sans aucun doute, l'une des principales causes de ces fractures; mais M. Stephenson, par une distribution des plus judicieuses du métal, a rendu son rail moins exposé à ce grave inconvénient. L'objection ci-dessus s'applique non-seulement au rail ondulé, mais

aussi à la forme réellement elliptique, en supposant qu'il fût possible de l'obtenir.

3° Le rail parallèle est préférable parce qu'il met les ingénieurs à même de placer les dés et les chairs précisément en face les uns des autres, de manière que les roues de la voiture passent sur deux supports en même temps, considération à laquelle on n'a pas fait, je crois, beaucoup d'attention jusqu'à présent, et que je regarde comme très importante.

Sans aucun doute, le mouvement des voitures consiste en une suite de montées et de descentes, et évidemment, ce mouvement sera plus facile et préférable si les deux roues opposées s'élèvent et s'abaissent en même temps, que si le contraire avait lieu. La différence est semblable à celle d'un vaisseau présentant son avant aux vagues, au lieu de les couper obliquement. Cet effet est connu de quiconque est allé sur mer.

A la vérité, les ondes d'un rail-way, où les flexions des rails sont très petites, mais les poids et les vitesses des voitures sont très grands, et l'on doit désirer éviter toute cause de choc, surtout lorsqu'il est si facile de le faire.

Les rails parallèles peuvent varier de longueur; il n'en est pas de même des rails ondulés, et cependant cela est nécessaire dans les courbes pour conserver les dés en face les uns des autres. Ainsi, par exemple, dans une courbe de 800 pieds, pour avoir les dés correspondants placés sur un même rayon, les rails de la courbe intérieure demandent à être d'un pouce plus courts que ceux de la courbe extérieure, et s'ils ont la forme de rails parallèles, ils sont aussi aisément coupés en lon-

gueur de 14 pieds 11 pouces que de 15 pieds. Il n'en est pas de même pour les rails ondulés.

Telle est, en définitive, ma conviction relativement à la section longitudinale des rails. J'ai été très sensible à l'honneur que m'a fait l'assemblée générale des actionnaires, en me chargeant d'examiner cette question, et je me suis occupé de ce travail sans me laisser influencer par aucun préjugé, et en y apportant toute l'attention nécessaire pour arriver à une conclusion certaine.

Les expériences suivantes ont été faites sur différents rails, et les résultats peuvent être comparés avec les calculs précédents.

4

EXPÉRIENCES SUR LA RÉSISTANCE ET LA FLEXION DES RAILS.

Rail ondulé de M. Stephenson, 50 livres par yard.

RAIL N° 1.			RAIL N° 2.		
POIDS	FLÈCHES données par l'index.	FLÈCHES pour chaque tonne.	POIDS.	FLÈCHES données par l'index.	FLÈCHES pour chaque tonne.
1	0,035		1	0,014	
2	0,045	0,010	2	0,022	0,008
3	0,055	0,010	3	0,030	0,008
4	0,065	0,010	4	0,042	0,012
5	0,071	0,006	5	0,050	0,008
6	0,076	0,005	6	0,062	0,012
7	0,087	0,011	7	0,075	0,013
7½	0,095	0,016	8	0,085	0,010
			9*	0,101	0,016
			10	* altérée.	
			11	0,300	

RAIL N° 3.			RAIL N° 4.		
1	0,018		1	0,043	
2	0,025	0,007	2	0,056	0,011
3	0,038	0,013	3	0,065	0,009
4	0,054	0,016	4	0,075	0,010
5	0,062	0,008	5	0,084	0,009
6	0,069	0,007	6	0,095	0,011
7	0,080	0,011	7	0,105	0,010
8	0,094	0,014	8	0,110	0,005
8½	0,100	0,012	9	0,116	0,006
9*	0,112	0,018	10	0,125	0,009
9½	0,118	0,018	11	0,165	
10	0,126	0,014			
11	0,160	0,034			
17	détruite.				

Flèche moyenne par tonne . . . .
- N° 1 : 0,0097
- N° 2 : 0,0101
- N° 3 : 0,0110
- N° 4 : 0,0090

MOYENNE. 0,0100

RAIL N° 5 (forme ondulée).

Grande hauteur : 5 pouces.
Plus petite hauteur : 3 $\frac{3}{4}$
Epaisseur de la partie contrale : $\frac{9}{10}$
Tête estimée 2 sur 1.

POIDS en tonnes.	FLÈCHES données par l'index.	FLÈCHES pour chaque tonne
1	0,030	
2	0,260	
3	0,270	0,010
4	0,290	0,020
5	0,300	0,010
6	0,320	0,020
7	0,335	0,015
8	0,410	0,060

Flèche moyenne par tonne jusqu'à 7 tonnes 0,015
Id. avec 7 $\frac{1}{2}$ tonnes 0,107

RAIL N° 6 (forme ondulée).

Grande hauteur : 3 $\frac{1}{4}$ pouces.
Plus petite hauteur : 2 $\frac{1}{4}$
Epaisseur de la partie centrale : $\frac{7}{10}$
Tête estimée 2 sur $\frac{3}{4}$

POIDS en tonnes.	FLÈCHES données par l'index.	FLÈCHES pour chaque tonne.
0,5	0,120	
1,0	0,140	0,020
1,5	0,170	0,030
2,0	0,180	0,010
2,5	0,200	0,020
3,0	0,230	0,030
3,5	0,280	0,050
4,0	0,420	0,140

Flèche moyenne par $\frac{1}{2}$ tonne jusqu'à 3 tonnes 0,022
Id. avec 3 tonnes 0,66

RAIL N° 7 (forme ondulée).

Grande hauteur : 3 pouces.
Plus petite hauteur : 2.
Epaisseur de la partie centrale $\frac{6}{10}$
Tête estimée 2 sur $\frac{1}{2}$

POIDS en tonnes.	FLÈCHES données par l'index.	FLÈCHES pour chaque tonne.
0,5	0,033	
1,0	0,060	0,027
1,5	0,062	
2,0	0,090	0,028
2,5	0,120	0,030
3,0	0,155	0,035
3,5	0,240	
4,0		

Flèche moyenne par $\frac{1}{2}$ tonne jusqu'à 2 tonnes........ 0,030
Id. avec 2 tonnes 0,060

COMPARAISON DES RÉSULTATS CI-DESSUS

Avec la formule donnée précédemment, savoir :

Partie centrale : $\frac{1}{2}\, hs . ns . pq . t$

Tête. . . . . . $\frac{1}{3}\, hx . \overline{nx}^2 . \frac{nn - pq}{ns} . t$

RAIL N° 5.

Nous avons : $\begin{cases} hs = 5,\ ns = 4{,}5,\ pq = 0{,}9,\ t = 10 \\ hx = 1,\ nx = 0{,}5,\ nn - pq = 1{,}1 \end{cases}$

Par conséquent, $\frac{1}{3} \times 5 \times 4{,}5 \times 9 = 67{,}5$

$$\frac{1}{3} \times 1 \times \overline{0{,}5}^2 \times \tfrac{11}{45} = 0{,}20$$

$$\frac{67{,}7 \times 4}{33} = 8\tfrac{2}{11} \text{ tonnes.}$$

$$\frac{0{,}22}{4{,}5} \times \tfrac{4}{3} = 0{,}066 \text{ flèche.}$$

RAIL N° 6.

Nous avons : $\begin{cases} hs = 3{,}25, ns = 2{,}88,\ pq\ 0{,}7,\ t = 10 \\ hx = 0{,}75, nx = 0{,}375, nn - pq = 1{,}3 \end{cases}$

Par conséquent, $\frac{1}{3} \times 3{,}25 \times 2.88 \times 7 = 21{,}84$

$$\frac{1}{3} \times 0{,}75 \times \overline{0{,}375}^2 \times \frac{13}{2{,}88} = \frac{0{,}15}{21{,}99} = s$$

$$\frac{4s}{33} = 2\tfrac{2}{3} \text{ tonnes.}$$

$$\frac{0{,}22}{2{,}88} \times \tfrac{4}{3} = 0{,}092 \text{ flèche.}$$

RAIL N° 7.

Nous avons : $\begin{cases} hs = 3, ns = 2{,}75, pq = 0{,}6,\ t = 10 \\ hx = 0{,}5,\ nx = 0{,}25,\ nn - pq = 1{,}4 \end{cases}$

Par conséquent, $\frac{1}{3} \times 3 \times 2{,}75 \times 6 = 16{,}50$

$$\frac{1}{3} \times 0{,}5 \times \overline{0{,}25}^2 \times \tfrac{14}{275} = \frac{0{,}05}{16{,}55} = s$$

$$\frac{4s}{33} = 2{,}06 \text{ tonnes.}$$

$$\frac{0{,}22}{2{,}75} \times \tfrac{4}{3} = 0{,}106 \text{ flèche.}$$

NOTES ET EXPLICATIONS.

NOTE N° 1. — *Intégration de la différentielle.*

Afin de ne pas embarrasser le détail des expériences avec les solutions mathématiques, je me suis, en général, borné à donner dans le précédent rapport, les équations et leurs résultats. Mais quelques personnes pouvant désirer voir par elles-mêmes les solutions de ces équations, je vais donner les parties qui pourraient présenter quelques difficultés, ou nécessiter des explications.

Nous nous occuperons d'abord de l'intégration de la différentielle :

$$\frac{\frac{x^2\,dx}{d^5}}{l^5}(2\,lx-x^2)-\tfrac{3}{2}$$

on peut la mettre sous cette forme :

$$\frac{l^5}{d^5}\int x^2\,(2\,lx-x^2)^{\frac{3}{2}}\,dx$$

ou en faisant $2\,l=p$:

$$\frac{l^5}{d^5}\int x^{\frac{1}{2}}\,(p-x)-\tfrac{3}{2}$$

Maintenant la partie sous le signe intégral développé en séries, devient :

$$\int\frac{x^{\frac{1}{2}}\,dx}{p^{\frac{3}{2}}}\qquad=\frac{2}{3}\,\frac{x^{\frac{3}{2}}}{p^{\frac{3}{2}}}$$

$$\int\frac{3\,x^{\frac{3}{2}}\,dx}{2p^{\frac{5}{2}}}\qquad=\frac{2}{5}\cdot\frac{3\,x^{\frac{5}{2}}}{2p^{\frac{5}{2}}}$$

$$\int \frac{5.3x^{\frac{5}{2}}\,dx}{4.2p^{\frac{7}{2}}} = \frac{2}{7}\cdot\frac{5.3x^{\frac{7}{2}}}{4.2p^{\frac{7}{2}}}$$

$$\int \frac{7.5.3x^{\frac{7}{2}}.dx}{6.4.2p^{\frac{9}{2}}} = \frac{2}{9}\cdot\frac{7.5.3x^{\frac{9}{2}}}{6.4.2p^{\frac{9}{2}}}$$

cette quantité, lorsque $x = \frac{1}{2}p = l$, peut être ainsi écrite :

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\left\{\frac{1}{3}\cdot\frac{1}{1}\right. = 0{,}3333$$

$$+\frac{1}{5.2}\cdot\frac{3}{2} = 0{,}15000$$

$$+\frac{1}{7.2^2}\cdot\frac{5.3}{4.2} = 0{,}06695$$

$$+\frac{1}{9.2^3}\cdot\frac{7.5.3}{6.4.2} = 0{,}03040$$

$$+\ \text{etc.} = \text{etc.}$$

Cette série, après quelques termes, peut être considérée comme équivalente, à très peu de chose près, à une série géométrique ayant pour rapport $\frac{1}{2}$, et peut être calculée en conséquence ; nous avons ainsi, en dernier lieu, l'expression :

$$\frac{l^5}{d^5}\times\frac{1}{\sqrt{2}}\times 0{,}6095,\ \text{etc.} = 0{,}41\,\frac{l^5}{d^5}$$

comme nous l'avons donnée page 13.

NOTE N° 2. — *Origine des formules données, page 40.*

Il peut être utile d'indiquer l'origine de ces formules, et particulièrement celle de la troisième ; nous nous sommes bornés à établir d'une manière générale que si d' représente la hauteur de la fibre inférieure au-dessous de nn, t sa tension, et x toute distance variable,

$\frac{t}{d'}\int x\,dx =$ la somme de toutes les tensions à une unité de largeur;

$\frac{t}{d'}\int x^2\,dx =$ la somme de toutes les résistances rapportées à l'axe n,

et $\frac{t}{d'}\int\frac{x^2\,dx}{\frac{t}{d'}\int x dx} = \delta'$, distance du centre de tension.

D'où il suit que :

$\frac{t\delta'}{d'}\int x.dx =$ la somme de toutes les résistances pour une unité de largeur, x étant pris dans sa dernière limite.

Maintenant, pour la côte ou partie centrale, quand $x = d'$, $\delta' = \frac{2}{3}\,d$ et $\int x dx = \frac{1}{2}\,d'^2$, la formule ci-dessus devient : $\frac{1}{3}\,d'\,t^2$; mais pour rapporter cette quantité au centre de compression c, nous avons (appelant la hauteur totale d) ; $\frac{2}{3}\,d' : \frac{2}{3}\,d :: \frac{1}{3}\,d'^2 t : \frac{1}{3}\,d d' t$; et introduisant la largeur pq, on a : $\frac{1}{3}\,hs\,.\,ns\,.\,pq\,.\,t$

De même, appelant t' la tension en x, et $(nn - pq)$ la largeur, nous avons pour la résistance de la tête :

$$\frac{1}{3}\,hx\,.\,nx\,.\,(nn - pq)\,t';$$

Mais la tension en x égale $\frac{nx}{ns}\,t$. Substituant cette dernière quantité à t', nous aurons :

$$\frac{1}{3}\,hx\,.\,\overline{nx}^2\,\frac{(nn - pq)}{ns}$$

pour la table inférieure :

$$\frac{\frac{t}{d'}\int x^2\,dx}{\frac{t}{d}\int x\,d^2} = \delta'$$

Appelant $nr = d''$ et x toute distance variable au-dessous de r, cette quantité devient :

$$\frac{\int (d'' + x)^2 \, dx}{\int (d'' + x) \, dx} = \delta' ;$$

qui, lorsque $x = rs$, donne : $\delta' = nm + \frac{rs^2}{12\, mn}$

et $\frac{t}{d'}\int (d'' + x)\, dx = \frac{t\delta'}{d'}\; nm . rs$; d'où la résistance rapportée à nn est pour la largeur $(mm - pq)$, $nm . rs\, (mm - pq)\, \frac{t\delta'}{d'}$; et appelant $\delta' + nc = \delta''$, cette quantité, lorsqu'on la rapporte à c, est : $nm . rs\, (mm - pq)\, \frac{\delta'' t}{d'}$, qui est la formule en question ; on obtient de la même manière la formule du rail trapézoïdal.

NOTE N° 3. — *Remarques sur l'équation donnée page 43.*

Une autre équation sur laquelle il peut être bon de présenter quelques remarques, est celle donnée page 43, savoir :

$$\tfrac{1}{3}\left\{ 5(5 - x)9 + \frac{11.(1 - x)^2}{(5 - x)} \right\} = \frac{8\tfrac{1}{4} \times 33}{4}$$

Cette quantité est tirée de la solution générale, page 41, savoir :

$$\left.\begin{array}{l} \tfrac{1}{3}\, hs . ns . pq . t \\ + \tfrac{1}{3}\, hx . \overline{nx}^2 . \frac{nn - pq}{ns}\, t \end{array}\right\} = s$$

et $\frac{4s}{l} = w$

Prenant le résultat des expériences page 50, soit $w = 8\,\frac{1}{4}$, et les dimensions de la barre comme quantités connues, on obtient toutes les autres parties à l'exception de la position de la ligne nn. Appelant

alors $hn = x$, et substituant les propres valeurs numériques pour les autres parties, nous avons :

$$\tfrac{1}{3}\, 5\, (5 - x)\, 9 + \tfrac{1}{3}\, (1 - x)^2\, \frac{1,1}{5 - x}\, 10 = \frac{33.8\tfrac{1}{4}}{4}$$

qui se réduit d'abord à :

$$45\, (5 - x)^2 + 11\, (1 - x)^2 = 204,18\, (5 - x)$$

puis à $x^2 - \frac{267,82}{56}\, x = - \frac{115,1}{56}$

d'où la valeur de $x = 0,484$.

Ici t est pris pour 10 tonnes, conformément à notre premier résultat moyen ; mais si nous le considérons, ainsi que x, comme une quantité inconnue, l'équation devient :

$$4,5t\, (5 - x)^2 + 1,1\, t (1 - x^2) = 204,18\, (5 - x)$$

dans laquelle t et x sont deux quantités dépendantes, et chaque changement dans la valeur de t produit un changement correspondant dans celle de x.

Si $t = 10,5$ l'équation devient :

$$45\, (5 - x)^2 + 11\, (1 - x)^2 = 194,54\, (5 - x)$$

d'où $x = 0,736$.

En outre, nous pouvons trouver x tout-à-fait indépendamment de ces considérations, en prenant le rapport des surfaces de tension et de compression, indiqué page 31, pour être de 1 : 4 ; et celles-ci par les distances de leurs centres respectifs de gravité, ou ce qui revient au même, la quantité totale de compression à celle d'extension comme 1 : 4^2.

Considérant cela comme une loi générale, et divisant notre aire en conséquence, nous avons :

$$16\, x^2 = (1 - x)^2 + 3,6\, (3 - x)$$

ou,

$$16\, x^2 + 5,6\, x = 11,8$$

d'où nous trouvons : $x = 0,720$.

Ainsi, quelle que soit la méthode adoptée, les résultats numériques diffèrent très peu entre eux. Cependant nous avons pensé qu'il était préférable de dériver notre donnée finale du cas qui se rapproche le plus de l'objet de nos recherches, c'est-à-dire des rails ayant nécessairement une table supérieure ; *t* étant alors pris comme égal à 10 tonnes dans le bon fer, la ligne neutre peut être considérée comme divisant l'aire de la table supérieure en deux parties égales. Les règles données page 44, sont fondées sur cette hypothèse. Dans d'autres cas, il sera préférable de déterminer x comme dans la première formule, et de procéder par la règle générale.

Je sais qu'on a avancé, d'après des principes théoriques, qu'au commencement de l'effort, l'axe neutre est dans le centre de gravité de l'aire de la section, mais cette considération ne doit pas entrer dans nos recherches. J'ai examiné la question d'après des principes mécaniques, et non d'après des principes théoriques, et j'ai eu soin d'éviter de prendre pour base de simples hypothèses, et de tout faire dépendre des résultats d'expériences. L'uniformité de ces résultats me fait espérer que les praticiens pourront avec confiance employer les règles que j'ai données.

Comme un autre exemple, proposons-nous de trouver la force et la flèche du rail de M. Stephenson, en le supposant retourné.

Appelons la distance de l'axe neutre depuis le dessus, $xn = x$ (fig. XV, pl. 1).

Alors, $0{,}9\,x =$ aire de compression ;

$\frac{1}{2}\,x =$ distance du centre de gravité ;

$\overline{0{,}45\,x^2} =$ quantité de compression ;

de plus,

$0,9\,(5-x) =$ aire de l'extension de la côte centrale;
$\frac{1}{2}\,(5-x) =$ distance du centre de gravité;
$\overline{0,45\,(5-x)^2} =$ quantité d'ext^{sion} de la côte centrale.
Puis, $1.1 =$ aire de la table inférieure;
$(4,5-x) =$ distance du centre de gravité;
$\overline{1,1\,(4,5-x)^2} =$ quantité d'extension de la table inf^{re}.

Puisque la compression est à l'extension :: $1^2 : 4^2$, nous avons : $7,2\,x^2 = 0,45\,(5-x)^2 + 1,1\,(4,5-x)$,
ou, $x^2 + 0,829\,x = 2,4$;
d'où $x = 1,185$, ou environ 1,2.

Maintenant par les règles pour la côte centrale et la table inférieure (page 41), nous avons :

$hs = 5,\ ns = 3,8,\ pq = 0,9,\ t = 10;$

et $\frac{1}{3}\,hs.ns.pq.t =$ . . . . 57 ton.

puis, $nm = 3,3,\ mm - pq = 1,1,\ d' = 3,8$

$$\delta'' = nm + \frac{1}{12 \,.\, \overline{mn}^2} + cn = 4,1$$

par conséquent, $nm.rs(mm - pq)\,\frac{\delta''}{d'}\,t =$ 39,1

96,1

$\frac{96,1 \times 4}{33} \times \frac{4}{3} = 11\,\frac{7}{11}$ tonnes, plus grand poids.

$\frac{0,22}{3,8} \times \frac{4}{3}$ 0,0772, flèche due à ce poids;

Ainsi, dans les deux positions du rail, nous avons :
$8\frac{1}{4} : 11\frac{7}{11} :: 1 : 1,4$, rapport des forces;
$3,8 : 4,5 :: 1 : 1,18$, Id. des flèches extrêmes;
$\frac{3,8}{8\frac{1}{4}} : \frac{4,5}{11\frac{7}{11}} :: 1 : 0,84$, Id. id. avec poids égaux.

CHAPITRE II.

RAPPORT ADRESSÉ AUX DIRECTEURS DE LA COMPAGNIE DU RAIL-WAY DE LONDRES A BIRMINGHAM.

MESSIEURS,

Le Mémoire ci-joint renferme les détails des expériences que j'ai faites, conformément à la décision de l'assemblée générale tenue à Birmingham, le 13 février, par les actionnaires du rail-way de Londres à Birmingham. Ces expériences m'ont amené à des données et à des règles importantes que je vais rappeler ici, en ayant soin d'indiquer les pages de mon rapport où se trouvent les expériences et les recherches d'où elles proviennent.

Il a été constaté (page 20), qu'une barre de fer malléable d'une certaine longueur, s'allonge de $\frac{1}{10000}$ de sa longueur par l'effort direct d'une tonne, par pouce carré de sa section transversale, et que, quand l'effort est porté à 10 tonnes par pouce, ou lorsqu'elle est allongée de $\frac{1}{1000}$ de sa longueur, son élasticité est altérée, et la barre ne retourne plus à son premier état.

D'un autre côté, comme la contraction du fer entre l'hiver et l'été, s'élève à environ $\frac{1}{1000}$ de sa longueur, il s'en suit que les rails ne peuvent être fixés aux chairs ni

aux dés d'une manière permanente, sans grand danger de détruire une notable partie de leur résistance à supporter une charge en mouvement.

Il en résulte encore une autre conséquence : si les rails et les chairs ne peuvent être fixés l'un à l'autre d'une manière permanente par des moyens directs, on ne doit pas le tenter par des moyens indirects, c'est-à-dire par des joues, des clés ou des coins, car ils fixeront le rail au chair ou ils ne le fixeront pas ; dans le premier cas, ils produisent tout le mal qu'occasionnerait un moyen permanent, et dans le deuxième, ils doivent être également rejetés puisqu'ils ne serviraient à rien. Je suis amené à en conclure que les rails doivent être fixés au chair, seulement de manière que les rails soient fermes au moment du passage des convois. (*Note A.*)

Mes premières expériences ont eu pour but, de trouver la position de l'axe neutre dans le fer malléable ; car sans cette donnée, on ne pouvait déterminer et comparer entre elles les forces de rails différents par la forme de la section transversale, à moins d'employer le moyen coûteux d'en faire fabriquer une certaine quantité, et de les soumettre à des expériences. Dans cette recherche comme dans la précédente, j'ai réussi à mon entière satisfaction ; et, au moyen des résultats, j'ai formé des règles extrêmement simples qui mettront à même de calculer avec une grande précision, la résistance qu'un rail, d'une section proposée, peut présenter dans les limites de son élasticité ou *pouvoir restituant.* On calculera de même la flèche de ce rail chargé d'un poids donné. Au moyen de ces règles, j'ai démontré que nous pouvons trouver certaines formes praticables de rails parallèles qui seront, à poids égal, aussi forts que le rail

ondulé chargé en son milieu, et plus forts, lorsque le poids sera placé en tout autre point.

En conséquence, je suis pleinement convaincu que le rail parallèle ayant des proportions convenables, doit être décidément le meilleur.

Tels sont les résultats de mes recherches expérimentales sur ce sujet, et je devrais peut-être clore ici mon rapport, en laissant aux praticiens l'exécution des conditions que j'ai indiquées comme nécessaires; mais ayant passé une semaine avec MM. Rastrick et Wood, à examiner les nombreux modèles envoyés pour le concours, et ayant profité des remarques et de l'expérience de ces Messieurs, je pense qu'il me sera permis de présenter quelques observations sur certains points de pratique.

En premier lieu, comme je l'ai déjà établi, je suis décidément convaincu que le rail parallèle doit être préféré. Sa hauteur ne doit pas être moindre de 4 pouces $\frac{1}{2}$ ou 4 pouces $\frac{1}{4}$; l'épaisseur de la côte ou partie centrale, ne doit pas excéder ce qui est nécessaire à la bonne fabrication du rail; la table inférieure (sans tenir compte des éventualités éloignées, et de la proposition dangereuse de retourner le rail) doit avoir la forme la plus convenable à son but actuel, c'est-à-dire qu'elle doit avoir les dimensions nécessaires pour donner au rail une bonne assiette.

Quant au chair de joint, je ne pense pas qu'on puisse en imaginer un préférable au chair *entier* proposé par M. Daglish, et dans lequel on n'emploie aucune pièce de rapport, mais seulement un coin. Je suis convaincu qu'en calibrant bien à la fois, les extrémités des rails et des chairs, et en laissant alors les rails libres, ce serait

le plus sûr moyen d'obtenir les conditions dont j'ai cherché à montrer les avantages, si ce n'est l'absolue nécessité.

Pour appliquer ce système, il faudrait, afin que le rail pût au besoin être enlevé, que la cheville au moyen de laquelle le chair est fixé au dé, puisse descendre dans le dé; la cheville proposée par M. Swinbourn remplit bien cette condition; néanmoins, je pense qu'en combinant cette idée ingénieuse avec le moyen indiqué par M. Vignoles, on peut obtenir un meilleur procédé d'attache. Ainsi, je conseille de remplacer la cheville par un boulon à large tête, avec ou sans rondelle, et de percer dans le dessous du dé, un trou d'environ 2 pouces, dans lequel la tête du boulon pourrait se placer. Il serait alors facile d'enlever le boulon lorsqu'il serait nécessaire de changer le chair. Ce système serait préférable aux chevilles qui sont sujettes à faire fendre les dés.

Quant aux chairs intermédiaires, je pense que celui de M. Stephenson, légèrement modifié, présenterait le plus d'avantages, c'est-à-dire que je maintiendrais le rail dans le chair, simplement par les extrémités de deux coins plats, de manière à donner la fermeté nécessaire avec le moins de frottement possible. Ainsi, je dirigerais la pointe de ces coins horizontalement, ou vers le haut, et non vers le bas, comme cela a lieu dans le chair en question (*). Je ne crois pas que de tels coins soient nécessaires dans le chair de joint; néanmoins il

(*) Dans le cas où ce mode de fixer le rail serait adopté, il conviendrait d'examiner s'il ne serait pas avantageux et facile de placer un morceau de feutre ou autre substance, dans l'intérieur du chair, afin de diminuer l'effet produit par les aspérités de deux métaux placés l'un sur l'autre.

serait bon d'en approvisionner pour le cas où leur emploi serait jugé nécessaire.

Les praticiens dont la manière de voir sur ce sujet est toute différente, et qui pensent qu'il est nécessaire de tout fixer le plus solidement possible, trouveront, je n'en doute point, de graves objections à mon système. Mais je ne chercherai pas à prévoir ces objections et à leur répondre ; je me bornerai à faire observer qu'après avoir entendu tout ce qu'on peut dire sur ce sujet, mon opinion est restée la même.

J'ai indiqué précédemment la nécessité de calibrer les extrémités des rails et les ouvertures des chairs de joint ; j'ai également parlé, dans la description de mes expériences (page 48), des avantages de placer les dés des deux lignes de rails bien en face les uns des autres. Sur tous ces points, on me considérera probablement comme exigeant des conditions qui ne sont ni nécessaires, ni praticables pour des rails-ways ; mais alors je demanderai d'où proviennent ces fréquentes ruptures, et la nécessité de ces nombreuses réparations ? Il n'y a pas, en théorie, de raison pour qu'un fardeau considérable, circulant avec une grande vitesse, cause plus de dommages que le même fardeau passant lentement, si dans l'un et l'autre cas, la route est en bon état. Ainsi, le mal résulte de l'imperfection de l'exécution, ainsi que de la négligence des petits défauts ; c'est précisément ce que nous voulons éviter. Personne n'a peut-être jamais observé, qu'une différence de niveau de $\frac{1}{10}$ de pouce seulement entre les extrémités des rails, lorsque le wagon passe avec une grande vitesse du niveau supérieur au niveau inférieur, fait parcourir à la roue une distance d'un pied sans presser le rail, et par conséquent

jette sur un seul rail le poids qui devait être supporté également par deux rails. Ce fait repose sur une loi naturelle, et ne peut être mis en doute. Tomber de $\frac{1}{10}$ de pouce par l'action de la gravité, exige $\frac{1}{44}$ de seconde, et dans ce temps, le waggon aura avancé d'un pied; par conséquent, pendant cet espace, la charge entière aura été supportée seulement par un rail. On peut dire qu'il y a des ressorts pour remédier à cet inconvénient, et qui aident la gravité à faire descendre les roues. Je crains néanmoins que, vu leur inertie, de tels aides ne soient très insuffisants. Dans tous les cas, ils ne fournissent aucune raison pour ne pas donner à chaque partie tout le soin possible. Quant aux abouts des rails, je crois devoir ajouter que je fus très surpris d'entendre dire à une personne attachée officiellement au railway de Manchester à Liverpool, que dans plusieurs parties de cette ligne, les rails étaient séparés d'un demi-pouce, et que l'on ne regardait pas cet écartement comme nuisible. Mais pourquoi, nuisible ou non, avoir fait cet écartement d'un demi-pouce, lorsqu'il ne devrait jamais dépasser $\frac{1}{10}$ de pouce, et même $\frac{1}{20}$, pendant plus de la moitié de l'année, si la pose des rails a été faite convenablement? Jusqu'ici, on a donné à cet écartement $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{10}$ de pouce, et, quelle que soit la température au moment de la pose, on ne change rien à cette quantité. Par conséquent, si le rail est posé en été, le huitième de pouce devient presque un quart en hiver, pourvu que la contraction des deux rails adjacents se manifeste dans le même sens; mais si elle avait lieu en sens contraire, l'écartement aurait près d'un demi-pouce. Il résulte de mes informations, que ce dernier cas se présente quelquefois.

Pour prévenir un tel effet, je voudrais, comme je l'ai dit, page 23, que chaque rail fût fixé à un chair, mais seulement à un, et j'aurais trois plaques d'acier dont l'épaisseur serait égale à l'écartement à donner aux rails suivant la température; ainsi, la première correspondrait aux températures de 15° à 35°, la deuxième, à celles de 35° à 65°, et la troisième, à celles au-dessus de 65°. On réglerait ainsi la distance à laisser entre les rails. *(Note A.)*

De telles recommandations seront, je n'en doute pas, considérées comme des minuties inutiles. A de telles objections, je répondrai que ce soin n'entraîne à aucune dépense dans l'exécution du chemin, et qu'il est très facile de le prendre.

Il me reste maintenant à faire quelques observations sur la force absolue nécessaire aux rails, et les expériences auxquelles on doit les soumettre avant de les recevoir.

Quant à la force absolue, sa quantité dépendra du poids des locomotives; je le supposerai ici de 12 tonnes, et bien qu'on puisse se servir de six roues pour prévenir les chances d'accidents, je n'en considérerai que quatre: ainsi, chaque roue supportera le quart du poids total, ou 3 tonnes. Je supposerai également, soit que l'on suive ou non mes recommandations, qu'il puisse arriver que le poids destiné à être porté également par les deux rails, soit, par suite de défectuosités de la route, entièrement jeté sur un seul rail: dans ce cas, le poids maximum sera de 6 tonnes; je voudrais, en outre, avoir un surplus de force de 50 pour cent. Le poids sera donc de 9 tonnes, c'est-à-dire que les rails devront avoir une élasticité absolue ou *pouvoir restituant* correspondant

à 9 tonnes; je voudrais alors éprouver ces rails à $7 \frac{1}{2}$ ou 8 tonnes. (*Note D.*)

Cet essai pourrait être fait sans aucun inconvénient, sur des barres de bon fer; si on n'exigeait pas cette quantité, il serait impossible de reconnaître les barres de qualité inférieure; elles indiquent, au commencement de l'expérience, plus de raideur que les barres faites en bon fer. Mais, à la fin de l'expérience, leur pouvoir élastique cède subitement, et la barre est mise hors de service. Le fer de cette nature devrait être exclu, à moins que cette qualité ne soit stipulée dans le marché; alors les rails auraient des dimensions en conséquence. Ces expériences pourraient être faites sur le chemin même, et alors on laisserait le fournisseur libre dans sa fabrication. C'est ainsi que cela se pratique à l'amirauté, pour la réception des cables en fer. Il n'y a aucun doute que si les cables étaient expédiés aux bâtiments sans avoir été éprouvés, et que si l'on attribuait la rupture des chaînons à un manque de dimensions suffisantes, on arriverait à avoir des cables de dimensions beaucoup plus considérables, et l'on aurait le double inconvénient d'augmenter la dépense, et d'avoir un poids très-inutile et même gênant. Tel est le résultat où paraît tendre la pratique des rails-ways (*).

Voici l'épreuve que je recommanderais. Sur la ligne même, et près du lieu où le travail est en activité, on

---

(*) La même tendance existe encore aujourd'hui, dix-huit années après la publication du travail de M. Barlow. En effet, tout le monde parle d'augmenter les dimensions des rails, et personne ne s'est encore rendu compte de leur usure ni de leur déformation.

(*Note du traducteur.*)

enlèverait les chairs intermédiaires d'un rail, puis l'on placerait dans les deux chairs extrêmes, le rail à éprouver. On ferait alors passer deux fois une voiture d'un poids bien déterminé, et dont les roues seraient à la distance nécessaire pour produire sur le rail l'effort indiqué. Si on ne trouve aucune flèche permanente après cette épreuve, le rail sera considéré comme de bonne qualité, et remplacé par un autre à qui l'on fera subir la même épreuve. En suivant cette marche, on peut, je pense, éprouver par jour cinquante à soixante rails à très peu de frais; mais il serait nécessaire que cette opération fût faite sous la surveillance d'une personne en qui l'on pût avoir toute confiance, et qui serait en même temps chargée des autres détails dont j'ai parlé plus haut.

Je ferai observer que si l'on adoptait entièrement mes propositions, ce mode d'éprouver serait à la fois dans l'intérêt de la Compagnie et du fournisseur.

Lorsque la pose a eu lieu sur une certaine distance, on replace les chairs, et pour former un nouveau chantier d'épreuve près des travaux, il suffit d'enlever les chairs intermédiaires d'un rail voisin de cet endroit.

J'ai examiné la proposition de faire l'essai au moyen de la percussion, et je ne pense pas que ce mode doive être recommandé.

Quant à la vérification des dimensions, je conseillerais d'employer deux jauges, l'une plus petite et l'autre plus grande, ainsi que cela se fait dans les arsenaux de l'artillerie, pour la réception des bombes et des boulets. *(Note I.)*

Je crois qu'il est possible, au moyen d'une légère modification, de donner au rail compris dans mon qua-

trième exemple (page 46) une force de 9 tonnes, sans augmenter son poids. J'ai indiqué pour la tête, une quantité de métal plus grande que celle généralement employée. Si on porte cet excédant à la table inférieure, on donnera au rail la force additionnelle requise, ou peut-être la partie centrale pourrait-elle subir une légère réduction.

Dans tous les cas, laissant chaque chose comme elle est, sauf une augmentation de deux livres par yard à la table inférieure, le rail aurait la force de 9 tonnes comme on le demande. Je ferai remarquer le grand avantage d'agir d'après une règle plutôt que d'après une hypothèse, car si nous n'avions d'autre guide qu'une hypothèse, nous aurions de la peine à croire qu'une augmentation de $\frac{1}{25}$ dans le poids pût ajouter $\frac{1}{9}$ à la force et à la raideur d'un rail; et cependant telle est évidemment le cas dont nous nous occupons.

Je ne terminerai point ce rapport sans constater que, grâces à la bienveillance des lords commissaires de l'Amirauté, j'ai eu toutes les facilités désirables pour faire mes expériences. Le comité de Londres m'a procuré tous les instruments et matériaux nécessaires. J'ai eu beaucoup à me louer de l'assistance de MM. Lloyd et Kingston, et de leurs ingénieuses observations sur différents objets. Enfin, je ferai observer que j'ai entrepris ces expériences sans aucun préjugé, et que j'ai fait le meilleur usage possible des moyens mis à ma disposition. J'ai fidèlement rapporté les résultats tels qu'ils ont été obtenus au moment de l'observation. J'espère que les lois et les règles que j'en ai déduites sont rigoureuses et seront trouvées utiles comme donnant aux prati-

ciens les moyens de calculer des résultats qu'ils n'ont pu jusqu'à présent que conjecturer.

J'ai l'honneur d'être,

Messieurs,

Votre humble serviteur,

PETER BARLOW,

Aux Directeurs de la Compagnie du rail-way de Londres à Birmingham.

Woolwich, 25 mars 1835.

CHAPITRE III.

DEUXIÈME MÉMOIRE.

INTRODUCTION.

En présentant ce deuxième Mémoire aux directeurs et aux actionnaires du rail-way de Londres à Birmingham, il nous paraît convenable de rapporter la décision prise par l'assemblée générale, et qui a donné lieu à notre travail.

EXTRAIT.

« Il est décidé à l'unanimité, que M. Barlow sera prié » de visiter le rail-way de Liverpool à Manchester, afin » de nous donner son avis sur le poids des rails, la forme » des chairs, les moyens employés pour les fixer, la dis- » tance des supports, les dimensions des blocs, et d'in- » diquer aux directeurs le meilleur parti à prendre à cet » égard. Quelques observations devront être données à » l'appui de cet avis. »

D'après cette décision, il fut convenu que je me rendrais à Liwerpool avec le président Isaac Solly, esq. et Thomas Tooke, esq., l'un des directeurs de Londres, et que nous nous joindrions à T.-W. Rathborn, esq., et Edward Cropper, esq., deux des direc-

teurs de Liverpool. Ces Messieurs devaient m'accompagner dans mon inspection, et assister aux expériences qui pourraient être nécessaires. Les directeurs du railway de Liverpool à Manchester s'empressèrent de nous offrir leur concours, et mirent à notre disposition la locomotive *la Swiftsure,* ainsi que le nombre de voitures et les autres objets dont pourrions avoir besoin pour nos expériences.

Comme cela était convenu, nous nous rendîmes à la station de Liverpool, et nous employâmes le premier jour à examiner l'état des rails, chairs, blocs, attaches, etc.

Dans le cours de cet examen, j'eus soin de recueillir l'opinion des ingénieurs résidants, des entrepreneurs chargés des réparations, des ouvriers, et de diverses autres personnes. Mais je fus très-surpris de trouver, en général, ces opinions en désaccord, et souvent même tout-à-fait contradictoires. Ce fait est très-remarquable, car on aurait dû penser qu'une pratique de cinq années devait suffire pour déraciner des idées primitivement erronées.

Moi-même je ne suis pas un praticien, mais par ma position et mes études, j'ai été, pendant trente années, presque constamment en rapport avec deux des établissements de machines les plus vastes et les plus variés du royaume, et pendant le même laps de temps, j'ai dirigé ou assisté à un grand nombre d'essais et d'expériences sur différents sujets de mécanique, dont j'ai ensuite examiné les applications dans les ateliers; il en est résulté pour moi une assez grande connaissance des données de la théorie, ainsi que des exigences et des limites de la pratique. Je connais également les vues et les moyens

des praticiens, qui, comme beaucoup d'autres personnes, pour éviter un mal, en perdent de vue un autre qu'ils font naître ou qu'ils augmentent par leur remède. Mais je dois dire que jamais je n'ai vu cela aussi fort que dans cette circonstance, ni un aussi grand conflit d'opinions sur un sujet si simple en apparence. Ce fait est fort à regretter, non-seulement par rapport aux doutes que cela jette naturellement dans l'esprit des personnes qui engagent de grands capitaux dans des entreprises de cette nature, mais encore, parce qu'un tel désaccord jette de la défaveur sur les jugements des praticiens. Les opinions basées sur une longue expérience ont une grande valeur, et doivent être préférées à toute autre, tant qu'elles se lient aux faits; mais l'on ne doit pas en tenir compte lorsqu'elles conduisent, comme dans cette circonstance, à des conclusions diamétralement opposées.

En faisant ces remarques, je n'ai pas l'intention de porter atteinte à la considération des opinions des praticiens en général: je veux simplement montrer que dans la mission dont j'étais chargé, il m'était impossible de me laisser guider par eux. J'espère justifier ainsi le plan que je me déterminai à suivre, et qui consistait à éviter, autant que possible, les raisons fondées sur de simples hypothèses, et à les remplacer par des faits déduits d'expériences nouvelles, faites publiquement, enregistrées en entier, et qui avaient pour témoins les personnes intéressées aux résultats; et, comme j'avais l'intention de baser mon rapport entièrement sur ces données, je pris le parti de n'émettre aucune opinion jusqu'à ce que j'eusse eu le temps d'analyser et de comparer mes observations. Je ne suis pas certain que cette manière

de procéder ait été tout-à-fait approuvée par la députation, mais je suis convaincu que c'était le seul moyen d'obtenir un résultat auquel on pût avoir toute confiance.

EXPÉRIENCES.

La première question et la plus importante à traiter était celle-ci : « *La charge étant fixée ainsi que la distance des points d'appui, déterminer la force à donner aux rails pour qu'ils présentent toute la sécurité désirable dans les divers cas de vitesse employée par la pratique.* »

Le résultat de la pression d'un corps en repos sur une barre est, je crois, bien connu maintenant; mais quel est l'effet de la vitesse? Je trouvai les opinions très-divisées sur cette question, qui, considérée simplement d'une manière hypothétique, peut présenter bien des doutes. Mon premier objet était donc de la ramener à un fait d'expérience; pour cela, il fallait un instrument; il fut fait par M. King, employé de l'établissement du gaz de Liverpool. Je dois à cet ingénieur de grandes obligations pour l'attention qu'il a prêtée à mes idées, et pour la manière dont il les a appliquées dans l'instrument qui est en entier de son invention.

Cet instrument, que l'on pourrait appeler *déflectomètre*, est représenté en plan et en élévation par les fig. XVII et XVIII, pl. 1. — AB est une planche unie de 27 pouces de longueur et 6 pouces de largeur, avec deux piliers ou poteaux, dont, un est vu dans l'élévation; entre eux est suspendu le levier DE par des pointes

à vis; il est divisé en C dans la proportion de 10 à 1; GH est un fil métallique assez fort, et légèrement incliné, sur lequel deux index *i i* glissent avec un frottement suffisant pour pouvoir rester dans leur place.

Pour se servir de cet instrument, on nivelle le sol sous le centre du rail, et on place le point E sous l'arrête la plus basse. Le contre-poids étant alors du côté du grand levier, on met le point E en contact avec le dessous du rail, et l'index inférieur *i* est élevé jusqu'à la plaque de métal K; l'index supérieur est alors descendu et mis également en contact avec la plaque K. Il est évident que, quelle que soit la flexion que le rail puisse éprouver par suite du passage d'une locomotive ou d'un convoi de waggons, l'index *i* sera soulevé d'une quantité égale à dix fois la flexion du rail; et comme cet index conservera ensuite sa nouvelle position, il indiquera avec précision, et d'une manière distincte, la plus grande flèche que le rail aura prise.

Le premier instrument (*) ayant été construit (les ouvriers avaient travaillé toute la nuit pour le terminer), je manifestai l'intention de m'en servir dans la matinée, et j'eus le plaisir de rencontrer sur les lieux, ce jour-là et le lendemain, plusieurs directeurs et actionnaires, ainsi que divers ingénieurs et praticiens, tous intéressés au résultat de mes recherches. Parmi les premiers, je citerai Isaac Solly, esq., président; MM. Thomas Tooke, Henri Rowles, Théodore-W. Rathborn, Edward Cropper, Robert Garnet, Edw. Wilson, Hardman Earle, David Hodson, directeurs et très-forts actionnaires; et

(*) Une autre forme de déflectomètre est indiquée dans l'Appendice.

parmi les derniers, MM. R. Stephenson, J. Locke, C. Vignoles, ingénieurs civils; M. Dixon, ingénieur président; le capitaine Moorsom, l'un des secrétaires de la Compagnie du chemin de Londres à Birmingham, et M. Booth, secrétaire de la ligne de Liverpool à Manchester, et dont la haute intelligence égale l'expérience.

Nos premières expériences n'eurent d'autre but que d'essayer l'instrument; néanmoins, plusieurs d'entre elles eurent des résultats importants. Ainsi, par exemple, lorsqu'un train passait, nous pouvions voir facilement l'effet de chaque roue sur le rail. Lorsque les rails étaient bien assis, et les joints ainsi que les dés bien solides, la flexion était faible; mais lorsque les rails n'étaient point de niveau, ou qu'il se présentait d'autres irrégularités, il se formait vers le milieu et la fin du train, un *soubresaut* qui frappait le rail avec une force suffisante pour faire parcourir à l'index une course à peu près double de la précédente; ce résultat indiquait que, dans cette position, le rail avait éprouvé une flexion presque double de celle que lui aurait fait subir le même poids en repos.

Les résultats numériques des expériences suivantes nous mettront à même de donner plus d'exactitude à ces remarques.

Expériences ayant pour but de constater la pression produite sur un rail par un poids ayant une grande vitesse, et de comparer cette pression à celle que produit le même poids en repos

Il peut être convenable de rappeler ici que les directeurs de la Compagnie du railway de grande jonction, avaient décidé que leurs rails ne pèseraient pas moins de 60 livres par yard. L'ingénieur, M. J. Locke, trouva qu'avec ce poids ou plutôt avec des barres de 62 livres par yard, ayant des portées de 3 pieds, on obtiendrait plus de force que la pratique n'en exigerait; en conséquence, il appliqua d'une manière convenable l'excédant de force que la barre présentait. Pour cela, il augmenta la distance des supports et en réduisit par conséquent leur nombre; mais, en homme de pratique, dont la réputation pouvait souffrir d'une erreur, il n'osait pas conseiller avec le rail en question, une portée plus grande que 3 pieds 9 pouces; il économisait ainsi $\frac{1}{5}$ du nombre ordinaire de supports. Mais une expérience que l'ingénieur ne pouvait entreprendre sans imprudence, pouvait être faite sans aucun scrupule par un simple particulier, du moment qu'il n'y avait à craindre aucun inconvénient immédiat. En conséquence, à la suggestion de Hardman Earle, esq., un autre dé fut supprimé, et les supports écartés à 5 pieds. Plusieurs yards de ce rail sont ainsi posés sur la ligne principale près de Liverpool; le même rail y est également placé avec des supports écartés de 3 pieds 9 pouces; on y trouve en expérience d'autres rails de forme et de poids différents. Les rails avec 3 pieds 9 pouces et ceux avec 5 pieds de distance entre les supports, ont été posés depuis le mois

de mai dernier, sans avoir éprouvé de détérioration apparente. Mais avant de recommander l'adoption de ce système, il était important d'examiner la force des rails, leur raideur, et les efforts auxquels ils sont exposés. Tous les autres rails de cette ligne reposent sur des supports écartés de 3 pieds; leur poids varie de 55 à 60 livres par yard.

Le petit instrument de M. King, convenait parfaitement pour cette recherche; car il indiquait exactement les flexions des rails, quelque grandes qu'elles pussent être, et quelles qu'en fussent les causes.

En comparant ces flexions avec les expériences faites sur le même rail par des poids en repos, les effets dus à la vitesse et ceux provenant des irrégularités des joints, devenaient connus, du moins dans leur ensemble; et c'est précisément à cet ensemble d'effets qu'il faut remédier.

Expériences sur différentes longueurs de portée et sur la flexion du milieu des rails sous un poids considérable mu à différents degrés de vitesse.

Nos observations furent commencées dans la tranchée de Wavertree-Hill et aux environs; cette tranchée est dans le rocher. Le sol est aussi solide et les supports aussi fermes que dans aucune partie de la ligne.

Les premières épreuves furent faites sur le rail de grande jonction, posé en mai dernier et dont les supports sont distants de 3 pieds 9 pouces. Le poids du rail est de 62 livres par yard. Un déflectomètre fut placé

avec soin sous chacune des quatre portées; nous fîmes alors les obserations que voici:

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Le passage de la machine *Speedwell* et de son train à une vitesse moyenne d'environ vingt milles à l'heure, donna les résultats suivants:

Flèche de la portée près le joint		0,0625 pouces.	
Id.	portée intermédiaire.	0,0425	moy^{e} 0,0408
Id.	id.	0,0400	
Id.	id.	0,0400	

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

On emploie la machine *Swiftsure,* qui avait été désignée pour les expériences.

Poids sur les roues motrices: 5 tonnes 16 cwts.

Vitesse: environ 20 milles par heure.

Flèche de la portée près le joint		0,0800 pouces.	
Id.	portée intermédiaire.	0,0320	moy^{e} 0,0380
Id.	id.	0,0400	
Id.	id.	0,0420	

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

La même machine marchant très lentement:

Flèche de la portée près le joint		0,040 pouces.	
Id.	portée intermédiaire.	0,024	moy^{e} 0,027
Id.	id.	0,025	
Id.	id.	0,032	

QUATRIÈME EXPÉRIENCE (*).

Une épreuve, la machine étant au repos. 0,040 pouces.
La moyenne des trois moyennes ci-dessus
est de 0,0353

Pour la comparer avec la flèche moyenne d'une barre semblable, sous un poids en repos, je puis renvoyer à mes expériences faites sur des barres de même nature à Woolwich, et entreprises pour cet objet, par les directeurs de la ligne de grande jonction. *(Voir l'Appendice.)* Il résulte de ces expériences que la flèche moyenne par tonne, pour une distance dans œuvre de 33 pouces, était de 0,0050; pour trois tonnes, elle était donc de 0,0150. Rréduisant cette quantité à une portée dans œuvre de 45 — 3 = 42 pouces, nous avons : $33^5 : 42^5 :: 0{,}0150 : 0{,}0314$.

Flèche avec trois tonnes au repos.

La moyenne des flèches précédentes sous un poids en mouvement, est 0,0353; d'où nous conclurons que, quand les rails sont bien posés et en bon état, la flèche, et par conséquent, l'effort est presque le même, soit que le poids reste en repos, ou qu'il soit en marche, et que chaque rail est seulement chargé de la moitié du poids d'une paire de roues.

Je dois observer ici que M. Locke a fait aussi des expériences sur des barres de même nature, au moyen

---

(*) Il résulte de ces expériences, que les portées près les joints sont les plus fatiguées, d'où résulte la nécessité de les faire moins grandes que les autres. Cette disposition est maintenant adoptée sur presque tous les chemins de fer français. (*Note B.*)

(NOTE DU TRADUCTEUR.)

d'une presse hydraulique, dans la cour que M. Gray possède près la station de Liverpool.

Ces expériences donnèrent, par tonne, des flèches plus grandes que les précédentes; mais en examinant l'exécution de cette machine, j'ai acquis la conviction qu'elle n'avait pas été assez soignée, pour donner exactement de faibles pressions, bien qu'elle pût indiquer d'une manière assez précise les grandes pressions. Il est très satisfaisant pour moi, de pouvoir dire que, depuis mes expériences et celles qui furent faites sur les rails de grande jonction, la machine que j'ai employée à l'Arsenal de la marine royale, a été placée sous la direction de Peter Ewart, personne bien connue et justement estimée par la plupart des parties intéressées dans nos recherches. Il vérifia l'exactitude de cette machine au moyen d'un appareil fourni par MM. Bramah, et il la trouva bien exacte et très sensible, quoique donnant, comme dans son origine, des résultats de 3 pour cent au-dessous de la réalité. En conséquence, il ne me paraît pas y avoir d'inconvénient à employer les résultats que j'ai obtenus avec cette même machine. Je ne doute nullement de l'habileté et du soin avec lesquels M. Locke a fait ses expériences, mais sa machine ne possédait point une exactitude suffisante pour mesurer d'aussi faibles pressions.

Il est peut-être convenable d'expliquer la différence des résultats des deux machines, et les causes de la supériorité de celle que j'ai employée. Dans celle-ci, la puissance est indiquée par un système de leviers bien équilibrés et correspondant à l'extrémité du plateau de la presse; au moyen de ces leviers, une livre ou plutôt un poids égal à 15 onces $\frac{1}{2}$ fait équilibre à une tonne;

et cette balance est si exacte, que l'échelle indique d'une manière sensible l'effort produit par la 16[me] partie d'une tonne; le résultat d'un poids de deux onces ou l'effort produit par $\frac{1}{8}$ de tonne y est très visible. Cette sensibilité résulte du mécanisme même de la machine; elle conserve son exactitude quel que soit l'effort auquel on la soumette.

Il ne pourrait pas en être de même, si les résultats étaient indiqués, comme dans l'autre machine, par la pression de l'eau.

Expériences sur les mêmes barres, en mettant les supports à cinq pieds de distance.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE. — MACHINE SWIFTSURE.

(Vitesse environ vingt-deux milles.)

Flèche d'une portée interméd[re]	0,093	0,077	0,080
Id. près d'un joint. . . .	0,083	0,080	0,123
Id. id	0,108	0,143	0,130
Id. d'une portée interméd[re]	0,082	0,070	0,077

(Avec de plus grandes vitesses.)

	Speedwell.	*Train de fury.*	
	V. 30.	V. 32.	V. 23.
Flèche d'une portée interméd[re]	0,112	0,122	0,083
Id. près d'un joint	0,080	0,105	0,085
Id. id.	0,250	0,120	0,095
Id. d'une portée interméd[re]	0,091	0,115	0,085

En prenant une moyenne de ces résultats, on doit rejeter, ainsi que nous l'avons fait précédemment, les flexions près des joints, comme étant évidemment trop

fortes. La moyenne des autres flèches, c'est-à-dire des portées intermédiaires, est alors de 0,089.

Dans mes expériences à Woolwich, la flèche par tonne, pour une portée de 33 pouces, était de 0,0050, soit pour 3 trois tonnes 0,0150; nous avons, en déduisant 3 pouces de 60, pour obtenir la portée dans œuvre :

$$33^3 : 57^3 :: 0{,}0150 : 0{,}079,$$

tandis que la moyenne déterminée par le déflectomètre est, comme nous l'avons vu, de 0,089.

On ne peut rien obtenir de plus satisfaisant. Il est donc prouvé, *indépendamment de toute opinion*, que lorsque les dés et les coussinets sont solides, l'effort produit par le passage d'un fardeau, est tant soit peu plus grand que celui d'un fardeau en repos; tandis que l'effet sur les extrémités des joints, s'élève, d'après la moyenne précédente, à 0,121, c'est-à-dire à près de 40 pour % au-dessus. Ce résultat n'est pas dû entièrement à la pression; une partie provient du jeu du chair sur le dé. *(Voir l'Appendice.)*

EXPÉRIENCES SUR LA FLEXION LATÉRALE DES RAILS.

Ayant obtenu la flexion des rails dans le sens vertical, je pensais qu'il serait bon de déterminer de quelle quantité les rails étaient fléchis latéralement, lorsqu'ils sont posés suivant des lignes courbes. Cette recherche mettrait à même d'augmenter convenablement la largeur des rails auxquels on veut donner une grande portée. J'écrivis en conséquence à M. T.-W. Rathbone pour le prier d'avoir la bonté de faire ces expériences; je lui donnai une légère esquisse de la méthode à em-

ployer. J'ai de très grandes obligations à M. King pour les soins qu'il a apportés à exécuter, d'après mes idées, l'instrument ci-après. J'en ai également à M. Edward Voods, pour le résultat détaillé de diverses expériences relatées dans l'Appendice.

Toutes ces expériences tendent à montrer que l'effort à supporter par les rails, dans le sens transversal, n'exige pas une largeur plus considérable que celle à donner aux rails pour résister à l'augmentation d'effort due à une plus grande distance entre les points d'appui. En d'autres termes, la force additionnelle donnée au rail pour supporter la pression verticale, sera suffisante pour le mettre à même de résister à la pression latérale. Ainsi, pour déterminer le poids et la section à donner aux rails, relativement à la longueur des portées, on ne devra avoir égard qu'à la pression verticale. A l'appui de cette opinion, nous nous bornerons à donner la description de l'instrument et une série d'expériences.

DESCRIPTION DE L'INSTRUMENT.

Dans la figure XXV, planche 1, *L* est un levier coudé, tournant sur un centre *C*; *V* un vernier glissant dans la rainure *g*; *S* un ressort en acier pour maintenir l'extrémité des leviers en contact avec le clou *p*, fixé à une tige métallique glissant dans les guides *m m*, et ayant en *p* une vis de rappel pour ramener l'index à zéro. L'extrémité *R* étant mise en contact avec le rail, le clou *p*, au moment du passage de la locomotive, fera mouvoir le petit bras du levier d'une quantité égale à la flèche éprouvée par le rail. Le vernier ou échelle indiquera cette flèche dix fois plus grande.

Les expériences furent faites sur le rail-way de Wigan, avec la locomotive *l'Expérience;* le rail parallèle pesait 42 livres par yard; la distance des supports était de 3 pieds.

L'instrument étant ajusté, nous obtînmes les résultats suivants :

	Flèche.	Vitesse.	Direction de la locomotive.
Exp. 1.	0,047	8 milles par heure,	en arrière.
» 2.	0,045	10 id. id.	en avant.
» 3.	0,038	11 id. id.	en arrière.
» 4.	0,036	12 id. id.	en avant.
» 5.	0,040	10 id. id.	en arrière.
» 6.	0,035	12 id. id.	en avant.

Les mêmes expériences furent renouvelées après avoir enlevé un chair; la portée fut par conséquent doublée; elle avait alors 5 pieds 10 pouces $\frac{1}{2}$.

	Flèche.	Vitesse.	Direction de la locomotive.
Exp. 1.	0,070	4 milles par heure,	en arrière.
» 2.	0,078	6 id. id.	en avant.
» 3.	0,093	7 id. id.	en arrière.
» 4.	0,097	8 id. id.	en avant.

Comme les vitesses ne sont pas les mêmes, excepté la première de la première série, et la dernière de la seconde série; nous ne pouvons faire qu'une seule comparaison qui nous indique, pour le deuxième cas, une flèche double; ce résultat est certainement moindre que celui indiqué par le calcul, mais cette flexion est peu en rapport avec l'élasticité du fer, et la force du rail en expérience est très inférieure à celle qui sera adoptée. En conséquence, je ne pense pas qu'il soit

nécessaire de rien ajouter au rail pour résister à cet effort transversal.

Les expériences ci-dessus, et celles données sur le même sujet dans l'Appendice, furent faites par M. Edw. Voods et M. King, en présence de T. W. Rathbone, Dr. S. Trail, d'Edinburg, et J. Reynolds, de Swansea.

CONSÉQUENCES.

Il serait inutile d'interrompre la suite de ce rapport pour introduire ici toutes les observations qui furent faites sur les différents rails, aussi, les ai-je réunies dans l'Appendice; je ferai seulement remarquer quant aux pressions verticales, qu'on peut évidemment en conclure qu'avec des dés fermes, des chairs bien fixés et des joints bien faits, le terrain lui-même étant solide, le rail, sous une locomotive marchant à la plus grande vitesse, fléchit d'une quantité un peu plus grande que celle produite par un fardeau en repos et égal à la moitié du poids sur les deux roues. Mais par suite de l'imperfection de ces diverses parties, le rail éprouve une flèche d'environ le double de celle due à la charge réelle. Cet effet fut souvent observé dans les expériences faites avec des convois. Dans beaucoup de cas, le déflectomètre indiquait seulement la quantité ordinaire de flexion, lorsque la locomotive (poids le plus lourd) venait à passer, tandis qu'un waggon placé soit au milieu soit à la fin du convoi, et venant à éprouver une secousse par suite de quelque défaut, faisait parcourir à l'index une quantité double de la précédente. *(Note C. — Influence des roues.)*

Cet effet fut particulièrement remarqué par la dépu-

tation, les directeurs, les actionnaires et les autres personnes présentes. En conséquence, tant qu'on n'aura pas trouvé le moyen de faire disparaître ces imperfections, il faudra donner aux rails une force plus que double de celle nécessaire pour résister à une pression moyenne.

Dans mon premier rapport, j'avais fixé cette augmentation à 50 pour cent au-dessus du double; mais des expériences précédentes, il paraîtrait résulter que cette augmentation est trop forte, et que de 10 à 20 pour cent au-dessus du double serait suffisant. Ainsi, pour une locomotive de 12 tonnes, comme le poids est aujourd'hui distribué, une force de 7 tonnes serait grandement suffisante, et si, comme on doit l'espérer, la construction du chemin est faite avec plus de soin, on pourra diminuer cette force, ou plutôt, si l'on conserve cette quantité, on pourra employer avec toute confiance des locomotives de 14 ou 16 tonnes.

En se reportant aux résultats mentionnés dans l'Appendice, on verra qu'un rail est quelquefois déprimé d'un quart de pouce par une roue, tandis que la roue correspondante passe sur un point d'appui, et immédiatement après, la roue élevée s'abaisse, et la roue basse s'élève; il en résulte un balancement pour les voitures. Notre petit instrument rendait très-visible cet effet, dont une grande partie provenait sans aucun doute, du manque de parallélisme des dés; aussi je recommanderais comme un moyen d'arriver à le diminuer, d'ordonner *que les dés dans tous les cas seront placés exactement en face les uns des autres*, disposition qui, avec des rails parallèles, peut toujours être adoptée sans inconvénient et sans augmentation de dépense.

Nous indiquerons d'autres modifications. Je continuerai donc le sujet qui nous occupe, en faisant remarquer les résultats que les expériences précédentes semblent justifier. Le plus important d'entre eux (il provient, non pas d'une opinion ou d'une supposition, mais bien d'une expérience), c'est qu'avec une locomotive de 12 tonnes, et une vitesse ne dépassant pas 32 ou 35 milles par heure, il n'est pas nécessaire, même sur un rail-way semblable à ceux construits jusqu'à présent, de pourvoir à une pression de plus de 7 tonnes, ce qui donne une force supplémentaire de 16 pour 100 au-dessus du double de la pression moyenne.

Ce fait étant établi, il est clair que nous pouvons pourvoir à cette force pour toute longueur de portée, en augmentant la section du rail proportionnellement à l'accroissement de distance des supports. Reste à examiner quelle est la meilleure longueur à donner à la portée des rails, et si diverses longueurs ne peuvent pas, suivant les circonstances locales, être avantageusement employées. Par exemple, dans quelques localités, les dés en pierre coûtent plus que les rails, tandis que dans d'autres, les dés reviennent à très-bas prix. Par conséquent, si l'on n'a égard qu'aux frais de premier établissement, il serait avantageux, dans le premier cas, de diminuer le nombre des dés et d'augmenter le poids du rail, et dans le deuxième cas, au contraire, il vaudrait mieux employer une plus grande quantité de dés et un poids moindre de fer.

Il y a cependant des limites qu'on ne peut convenablement dépasser; si les dés sont trop près les uns des autres, la quantité de fer qui serait suffisante pour le rail, se trouvera trop faible pour donner une section

convenable ; et, d'un autre côté, si les portées sont trop grandes, il faut donner au rail un poids trop considérable. Avec ces restrictions, il serait inutile d'examiner une longueur de portée moindre de 3 pieds, ou dépassant 6 pieds, et en proportionnant la quantité de métal pour chaque longueur, on devra avoir égard aux limites prescrites par la pratique, c'est-à-dire que l'on devra seulement employer des sections qui ne puissent être sujettes à des objections importantes de la part de la pratique ; mais, avec de telles conditions, la forme de la section est illimitée.

La première limite imposée par la pratique, est que la partie supérieure doit avoir le même poids, quels que soient la portée et le poids du rail.

Il n'est pas nécessaire d'aller bien loin sur le rail-way de Liverpool à Manchester, pour voir que la partie supérieure des premiers rails ondulés du poids de 35 livres, est beaucoup trop petite pour le poids actuel des locomotives. Dans un grand nombre de rails, le côté extérieur de la table supérieure est presque séparé de la partie centrale. *(Note C.)*

Le rail parallèle de Dublin, du poids de 45 livres, présente une tête plus large et quelque peu plus forte ; il ne présente pas les mêmes défectuosités, et cependant il est, je crois, considéré en général comme trop faible. Le rail parallèle de 50 livres en forme de simple T, et celui de grande jonction, sont peut-être, de toute la ligne, ceux dont la tête est la mieux proportionnée ; leur section présente environ 2 pouces $\frac{1}{4}$ carrés, sur 1 pouce de hauteur. En conséquence, dans les calculs suivants, je regarderai comme une limite pratique que la tête des rails ne doit pas avoir moins de 2,25 pouces en super-

ficie, ou, ce qui est à peu près de même, qu'elle ne doit pas peser moins de 22,5 livres par yard. *(Note D.)*

Une autre limite pratique sur laquelle beaucoup d'ingénieurs sont d'accord, je pense, c'est que la hauteur du rail ne doit, dans aucun cas, dépasser 5 pouces. *(Note D.)*

Partant de ces bases, je me propose d'établir le poids du fer nécessaire par mille pour quatre lignes de railway ayant des portées de 3 pieds, 3 pieds 9 pouces, 4 pieds, 5 pieds et 6 pieds. Dans ces divers cas, je suppose la même pression de 7 tonnes, et par mille le même nombre de pieds cubes de pierre. Le fer de chaque rail est considéré comme reporté de la manière la plus avantageuse pour la résistance.

Le rail le plus léger de la ligne, et celui qui paraît posséder la force suffisante, est celui de Dublin; son poids est de 45 livres par yard; mais comme la tête est d'un poids moindre que celui indiqué comme le meilleur par la pratique, je l'augmenterai de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 livres, et avec une petite addition au rail même, je porterai le poids total à 52 livres, ce qui est peut-être la quantité la plus faible qu'on doive donner à un rail ayant des portées de 3 pieds. Nous donnerons dans la page suivante la meilleure disposition de ce poids, d'après la solution du problème sur le principe des *maximâ* et des *minimâ,* et en ayant égard aux limites établies ci-dessus. D'après la pratique, et sur de semblables principes, quoiqu'on n'ait pas suivi strictement tous les détails de la solution, on a arrangé les proportions pour les autres portées, ainsi que nous allons l'indiquer.

SECTION POUR UNE PORTÉE DE 5 PIEDS.

(*Fig. XIX, pl. 1.*, échelle du quart des dimensions réelles.)

Tête de 1 pouce de hauteur. . .	22,50 *lbs par yard.*
Hauteur totale	4 $\frac{1}{2}$ *pouces.*
Table inférieure, hauteur. . . .	1 *id.*
Id. largeur. . . .	1,25 *id.*
Côte du milieu, épaisseur. . . .	0,60 *id.*
Poids total par yard.	51 *lbs.*
Force.	7 *tonnes.*
Flèche sous trois tonnes.	0,024 *pouce.*

SECTION POUR UNE PORTÉE DE 3 PIEDS 9 POUCES.

(Fig. XX, pl. 1.)

Tête de 1 pouce de hauteur. . .	22,5 *lbs par yard.*
Hauteur totale	4 $\frac{5}{8}$ *pouces.*
Table inférieure, hauteur. . . .	1 *id.*
Id. largeur	1 $\frac{1}{2}$ *id.*
Côte du milieu, épaisseur. . . .	0,75 *id.*
Poids total par yard.	58,8 *lbs.*
Force	7 *tonnes.*
Flèche sous trois tonnes.	0,037 *pouce.*

SECTION POUR UNE PORTÉE DE 4 PIEDS.

(Fig. XXI, pl. 1.)

Tête de 1 pouce de hauteur. . .	22,5 *lbs par yard.*
Hauteur totale	4 $\frac{3}{4}$ *pouces.*
Table inférieure, hauteur. . . .	1 *id.*
Id. largeur	1 $\frac{1}{2}$ *id.*
Côte du milieu, épaisseur. . . .	8 *id.*
Poids total par yard.	61,2 *lbs.*
Force	7 *tonnes.*
Flèche sous trois tonnes.	0,041 *pouce.*

SECTION POUR UNE PORTÉE DE 5 PIEDS.

(Fig. XXII, pl. 1.)

Tête de 1 pouce de hauteur. . .	22,5 *lbs par yard.*
Hauteur totale	5 *pouces.*
Table inférieure, hauteur. . . .	1 $\frac{1}{8}$ *id.*
Id. largeur	1,66 *id.*
Côte du milieu, épaisseur. . . .	0,85 *id.*
Poids total par yard.	67,4 *lbs.*
Force.	7 *tonnes.*
Flèche sous trois tonnes.	0,064 *pouce.*

SECTION POUR UNE PORTÉE DE 6 PIEDS.

(Fig. XXIII, pl. 1.)

Tête de 1 pouce de hauteur. . .	22,5 *lbs par yard.*
Hauteur totale	5 $\frac{1}{10}$ *pouces.*
Table inférieure, hauteur. . . .	1 $\frac{1}{2}$ *id.*
Id. largeur	1,66 *id.*
Côte du milieu, épaisseur. . . .	1 $\frac{1}{8}$ *id.*
Poids total par yard.	79 *lbs.*
Force.	7 *tonnes.*
Flèche sous trois tonnes.	0,082 *pouce.*

Dans les diverses sections précédentes, j'ai conservé à chaque rail la même force ou résistance; néanmoins, les plus longues portées se sont trouvées moins résistantes que les plus courtes.

Ainsi, il faut renoncer à augmenter de beaucoup la longueur des portées, à moins qu'on admette la possibilité d'une augmentation de flèche; car, pour conserver une flèche proportionnnelle, ou la largeur du rail doit être augmentée de manière à exiger une quantité de fer tout-à-fait inadmissible, ou il faut augmenter la hauteur

du rail dans la même proportion que la longueur de la portée, ce qui est impraticable. Toutefois, les flèches des plus longues portées, quoique plus grandes que celles des plus courtes, ne sont point considérables; plusieurs rails présentent actuellement, sur la ligne, des flèches (*) beaucoup plus grandes, comme on peut le voir dans l'Appendice.

Adoptant ces dimensions, j'ai calculé dans la table suivante le poids des chairs, le nombre de pieds cubes de pierre, et les quantités de tonnes de rails par mille nécessaires pour quatre lignes de rails dont les portées sont différentes.

On pourra ainsi établir une comparaison de la dépense de premier établissement dans ces divers cas; mais le prix de la pierre étant très variable suivant ses qualités et les lieux, nous n'avons point recherché le montant de la dépense.

Il peut être bon de constater que le poids indiqué pour les chairs est à peu près arbitraire; en pesant ceux de M. Stephenson, j'ai trouvé, pour les chairs de joint et leurs chevilles, un poids de 1 q^{r}, ou 28 lbs, et pour les chairs intermédiaires y compris les chevilles, 24 lbs.

Et comme la hauteur de ces rails, y compris la pièce de rapport, est la même que celle que je propose pour la portée de trois pieds, je l'ai prise pour base, et j'ai légèrement augmenté le poids de chaque chair, à mesure que le rail devenait plus élevé; ainsi j'ai les proportions suivantes :

(*) L'effet de ces flèches est traité dans une page suivante.

	Chairs de joint.	Chairs intermédiaires.
3 pieds de portée	28 lbs.	24 lbs.
3 pieds 9 pouces.	30 »	25 »
4 pieds	30 »	25 »
5 pieds	33 »	27 »
6 pieds	33 »	27 »

J'ai appris d'une manière certaine, que la plupart des ruptures de chairs proviennent de l'enfonçage des coins, et comme on se propose de supprimer les coins, très probablement les poids ci-dessus seront suffisants.

En déterminant la quantité de dés, j'ai considéré les dimensions actuelles, formant 4 pieds cubes, comme suffisantes pour toutes les distances; j'en excepte les dés de joint, qui, devant être plus larges que les autres, auront 5 pieds cubes. *(Note H.)*

Tant que les dés conservent un niveau parfait, je ne ne pense pas qu'un dé de joint, si le joint lui-même est en bon état, ait plus à supporter que les autres; mais si l'un d'eux s'enfonce un peu, le rail, au passage de la locomotive, présente par sa continuité une plus grande résistance sur un chair intermédiaire que sur un chair de joint où il éprouve une solution de continuité. De plus, il résulte de la manière dont les joints ont été faits jusqu'à présent, que le dé de joint éprouve un choc beaucoup plus considérable que les autres. Pour ces deux raisons, il devient nécessaire de donner une augmentation de force aux dés de joint, mais il est difficile de déterminer quelle doit être cette augmentation. Je suis cependant disposé à regarder un pied cube comme une addition suffisante.

PREMIER TABLEAU,

Indiquant le poids des rails et des chairs nécessaires pour former un mille de rail-way à 2 voies, d'après la distance des points d'appui des rails.

Longueur de portée.		Longueur du rail.	Poids du rail.	Nombre de rails pour les 4 lignes par mille.	Poids des rails. par mille.	Nombre de chairs de joint par mille.	Poids des chairs de joint et chevilles par mille.	Nombre de chairs intermédiaires.	Poids des chairs intermédiaires et des chevilles par mille.	Poids total des chairs et chevilles par mille.
pieds.	pouces.	pieds.	lbs.		tonnes.		tonnes.		tonnes.	tonnes.
3	0	15	237	1408	161	1408	$17\frac{1}{2}$	5632	$60\frac{1}{2}$	78
3	9	15	294	1408	185	1408	19	4224	$47\frac{1}{4}$	$66\frac{1}{4}$
4	0	16	326	1320	192	1320	$17\frac{3}{4}$	3960	$44\frac{1}{4}$	62
5	0	15	337	1408	212	1408	$20\frac{3}{4}$	2816	34	$54\frac{3}{4}$
6	0	12	316	1760	248	1760	26	1760	$21\frac{1}{4}$	$47\frac{1}{4}$

DEUXIÈME TABLEAU,

Indiquant la quantité de pieds cubes de pierre nécessaire pour établir un mille de rail-way à 2 voies, d'après la distance des points d'appui des rails.

Longueur de portée.		Nombre de dés de joint dans les 4 lignes par mille.	Nombre de pieds cubes pour les dés de joint par mille.	Nombre de dés intermédiaires sur les 4 lignes par mille.	Nombre de pieds cubes pour les dés intermédiaires par mille.	Nombre total de pieds cubes de dés par mille.	Dépense pour la pose par mille, eu égard au nombre de dés.
pieds.	pouces.						
3	0	1408	7040	5632	22,528	29,568	?
3	9	1408	7040	4224	16,896	23,936	?
4	0	1320	6600	3960	14,840	21,140	?
5	0	1408	7040	2816	11,264	18,304	?
6	0	1760	8800	1760	7,040	15,840	?

N. B. — Dans les calculs ci-dessus, nous avons supposé que les dés de même grosseur étaient applicables à toutes les distances de portée. Dans les pages suivantes, nous donnerons quelques observations sur ce sujet.

Dans la table précédente, j'ai seulement essayé de conserver les mêmes forces à toutes les différentes portées; et j'ai observé que pour conserver la même flèche proportionnellement, il faudrait, si elle était considérable, donner aux rails un poids tout-à-fait inadmissible. Cependant il peut être bon d'établir cette quantité; nous allons la donner :

Pieds.	Pouces.	Poids du rail par yard.	Poids du rail.	Poids par mille.
3	0	51,4 lbs.	257 lbs.	161 tonnes.
3	9	67,5	337 $\frac{1}{2}$	212
4	0	72,0	384	226
5	0	92,0	460	289
6	0	122,5	490	385

Si, comme nous en sommes convenus avec MM. Stéphenson et Locke, nous prenons le rail ondulé actuel de 50 lbs, comme point de comparaison pour la force et la flèche proportionnelle, nous devons chercher une force de 8 tonnes au moins, et ne pas admettre une flèche de plus de $\frac{0,03}{0,18}$. Pour obtenir ces conditions, il faut adopter les poids et les dimensions suivantes :

Pieds.	Pouces.	Poids par yard.	Poids du rail.	Poids par mille.
3	0	55,5 lbs.	277 lbs.	174 $\frac{1}{2}$ tonn.
3	9	64,0	320	201
4	0	66,7	356	209 $\frac{1}{2}$
5	0	75,8	379	238
6	0	100,0	400	314

Telles sont, à mon avis, les quantités de fer et de pierre nécessaires pour assurer la même force et la même sécurité aux différentes longueurs de portée. D'après ces données, il sera toujours facile d'établir quelle est la portée la plus économique, lorsqu'on connaît le prix de la pierre et du fer, ainsi que le coût de la pose; mais, vu les dépenses à venir, je n'hésite pas à donner la préférence aux rails de fortes dimensions et aux longues portées. Quelle que soit la détérioration du fer, elle a lieu sur la surface, et par conséquent, sa marche sera à peu près indépendante de la dimension des rails. Nous avons donc raison de prétendre que les rails de fortes dimensions serviront plus long-temps que des rails plus faibles, quoique leur résistance soit la même lors de leur mise en place.

Mais ce n'est pas le seul avantage que l'on attribue aux grandes portées; aussi, je ne regrette aucunement le temps qu'on a employé à discuter cette question qui, dans tous les cas, est de peu d'importance. On a prétendu que l'usage, sur tous les chemins de fer, étant de laisser les dés s'asseoir d'une certaine quantité avant de les recouvrir de terre, quantité qui est la même pour les grandes comme pour les courtes portées, si un dé de milieu vient à s'enfoncer d'un quart de pouce, par exemple, il produira une pente moindre dans les longues portées que dans les courtes; d'où l'on concluait que l'action de la locomotive et des voitures sur les dés devant être également moindre, il en résulterait une économie dans l'entretien de la route. Ainsi, par exemple, trois dés, avec des portées de 5 pieds, devaient non-seulement faire un aussi bon service que cinq dés avec des portées de 3 pieds, mais encore ils devaient pré-

Expériences avec la locomotive la Swiftsure *et deux trains.*

(La longueur des portées est de 5 pieds; tous les dés sont fermes.)

1° *Passage de la locomotive* la Swiftsure.

			VITESSE.			
			15 Milles.	15 Milles.	X.	X.
Dé intermédiaire N° 1.	—	*Affaissement,*	0,014	0,004	0,004	0,005
Id. de joint N° 2.	—	Id.	0,024	0,017	0,012	0,016
Id. intermédiaire N° 3.	—	id.	0,017	0,006	0,004	0,012
Id. id. N° 4.	—	Id.	0,030	0,020	0,018	0,026

2° *Passage de deux trains remorqués, l'un par la machine* la Fury, *et l'autre par la machine* l'Orion.

					Train *Fury.*	Train *Orion.*
Dé N° 1.	—	*Affaissement,*	»	»	0,012	0,018
Dé N° 2.	—	Id.	»	»	0,046	0,028
Dé N° 3.	—	Id.	»	»	0,004	0,012
Dé N° 4.	—	Id.	»	»	0,040	0,032

3° *Passage de la locomotiue* la Swiftsure *marchant à vitesse moyenne.*

Dé N° 1.	—	*Affaissement,*	»	»	0,016	0,008
Dé N° 2.	—	Id.	»	»	0,036	0,020
Dé N° 3.	—	Id.	»	»	0,018	0,010
Dé N° 4.	—	Id.	»	»	0,023	0,025

La moyenne des quantités ci-dessus, donne un affaissement de 0,019 qui diffère très peu de la première; mais la pente la plus grande, au lieu de donner un affaissement plus grand, en produit au contraire un plus faible. Nous pouvons cependant considérer ces affaissements comme égaux, vu le peu de différence qu'ils présentent, et leur peu d'importance dans les expériences de ce genre.

En tous cas, les résultats tendent à prouver que l'économie qu'on supposait devoir obtenir par la réduction de la pente, n'est point justifiée par ces expériences. Je

dois peut être faire observer que, dans de premières expériences, on mesura l'affaissement en enfonçant entre le dé et le chair une forte pièce de fer taillée en biseau et dépassant le dé, de manière à pouvoir être mise en communication avec le déflectomètre. Cette disposition était plus favorable à l'hypothèse en question; mais il fut reconnu par toutes les personnes présentes, que les résultats indiqués comprenaient le mouvement du chair avec celui du dé; en conséquence, ces expériences furent rejetées d'un consentement unanime, et remplacées par celles qui, faites le lendemain matin, ont été rapportées ci-dessus.

Ayant, je l'espère, traité d'une manière satisfaisante ce côté de la question, en admettant par égard pour l'argument, que trois dés ne s'abaisseraient pas plus que cinq, examinons maintenant jusqu'à quel point cette supposition est admissible.

On a avancé dans un rapport, que, quelque puisse être le nombre de dés, chacun d'eux supporte le même poids durant le passage du train, et par conséquent, que la portée soit de 3 pieds ou de 5, l'affaissement des dés est le même; tandis que d'autres personnes prétendent que, vu la distance actuelle des roues, tout le poids d'une locomotive peut tomber sur trois dés seulement, dans le cas où les portées sont de 5 pieds, tandis qu'il se trouve réparti sur cinq dés dans les portées de 3 pieds, et que par conséquent, quoiqu'au passage d'une roue, la pression sur chaque dé soit la même dans les deux cas, les dés doivent supporter dans le même temps un nombre de chocs d'autant plus grand que la quantité de dés est moindre.

Il semble impossible de nier ce raisonnement, et j'ad-

mettrai pour un moment, que si des rails posés sur un terrain nouvellement préparé ou sur un remblai, avaient, les uns des portées de 3 pieds, et les autres des portées de 5, on trouverait les dés de ces derniers s'enfonçant plus que ceux des premiers, jusqu'à ce que le terrain soit devenu solide; alors les rails à portée de 5 pieds présenteraient, j'en suis convaincu, autant de résistance que ceux de 3 pieds; cet effet aurait promptement lieu dans les tranchées où les couches inférieures sont déjà bien comprimées. Les adversaires répondaient qu'il fallait assimiler les dés d'un rail aux piles d'un pont qui exige d'autant plus de largeur que leur nombre est moindre; mais cette comparaison ne peut selon moi, s'appliquer ici. Dans un pont, le poids de la construction est presque tout, la charge produite par la circulation étant peu considérable; tandis que, sur un rail-way, la charge constitue au contraire le poids principal auquel il faut résister.

Après avoir pesé ces différentes observations, j'ai été amené à la conclusion suivante.

Quant aux frais d'entretien des grandes et des petites portées, 1° sur les remblais et sur les parties où le sol est compressible, la dépense sera dans l'origine plus forte pour les grandes portées que pour les petites; elle deviendra la même au bout d'un certain temps, mais jamais elle ne sera moindre; 2° sur le rocher ou sur un terrain très ferme, la dépense sera à très peu de chose près la même dès l'origine.

Telle est mon opinion, elle est tout-à-fait impartiale; mais ce n'est qu'une opinion, et je pense qu'il serait très désirable de soumettre, si cela est possible, cette question à une expérience sur un remblai. Cela ne mé-

riterait-il pas la peine de poser sur le remblai de Kensal Green une certaine longueur des rails de grande jonction, en leur donnant des portées de 3 pieds et de 5 pieds, et d'observer minutieusement l'effet subi par chacun d'eux? Les locomotives et les trains passent, je crois, 70 fois par jour en cet endroit; on pourrait ainsi, en un temps très court, décider la question quant aux remblais; pour le reste, je ne pense pas qu'il y ait le moindre doute.

SUR LA MEILLEURE FORME DE RAIL.

(Note D.)

Dans les sections données précédemment pour les rails de portées différentes, on a vu que j'avais réduit la largeur de la partie inférieure à 1 $\frac{1}{2}$, ou au plus à 1 $\frac{3}{8}$ pouce; je l'ai fait, quoique je sache bien qu'en augmentant cette largeur, et en réduisant la hauteur de cette partie, on obtient le rail théoriquement le plus fort. En fait, si le double T est sur le papier, un rail plus fort que celui ayant un renflement inférieur moins large, mais plus haut, je suis complétement convaincu qu'il n'en est pas ainsi dans la pratique. Le renflement inférieur ne sert pas à autre chose qu'à être mis en état de tension par l'action de la côte du milieu; et quoique les fibres de cette base se trouvant placées immédiatement au-dessous de la partie centrale, soient mises en action par elle, et que ces fibres déterminent latéralement une action semblable dans celles immédiatement contiguës, et celles-ci de nouveau aux plus proches, et ainsi de suite, cependant, dans un métal ductile comme le fer,

cet effet latéral est bientôt perdu ; de sorte que les fibres extrêmes, qui, dans la base, sont tendues, deviennent inutiles.

Le fait est, qu'en adoptant cette forme, on avait supposé qu'elle aurait le précieux avantage de permettre de retourner le rail, lorsque la surface supérieure serait usée, mais comme nous l'avons démontré dans notre premier mémoire, cette opération est *impraticable*, et comme ce rail présente du reste divers inconvénients, il en résulte qu'il doit être rejeté. On a dit que, retourné, il pourrait être employé pour des voies latérales ; quant à moi, je pense que, quelle que soit son usure, il sera plus fort s'il n'est pas retourné. On observe encore que les deux côtés du rail étant semblables, les poseurs peuvent choisir celui qui paraît le plus convenable ; mais il serait évidemment préférable d'avoir des rails fabriqués avec assez de soin, pour qu'il n'y ait aucun choix à faire. De plus, il procure, dit-on, une assiette plus large. Je ne vois aucun avantage à ce que cette partie soit agrandie démesurément. Enfin, on suppose que les rails doivent être fixés au moyen de clef ou coin en bois ; mais n'est-il pas préférable d'éviter toute espèce de coin, si toutefois cela est possible ? En définitive, je ne puis voir dans cette forme de rail, aucun avantage qui puisse compenser les défauts évidents.

Les proportions que j'ai indiquées plus haut, approchent beaucoup de celles du rail qui obtint le prix du concours. (*Fig. XXX, pl.* 5.) Je suis persuadé qu'elles présentent la forme la meilleure sous tous les rapports. Il est du reste entendu que les arrêtes et les angles de cette section peuvent être modifiés suivant les circonstances ou le goût de l'ingénieur.

Pour convaincre M. Locke et quelques autres personnes, de la faiblesse de la forme du double *T*, je pris un de ces rails, et je coupai un demi-pouce de chaque côté de la partie inférieure, réduisant ainsi la largeur à 1 pouce $\frac{1}{2}$ au lieu de 2 $\frac{1}{2}$, quantité égale à celle du milieu du rail, point du plus grand effort. Il fut alors placé sous la presse, et les expériences furent faites, comme à l'ordinaire, sous la surveillance de MM. Ed. Woods et John Gray; M. Locke ne put y assister, il fut obligé de se retirer au moment même où les expériences commençaient. M. Rathborn, M. Ed. Cropper et moi, nous étions également présents. Le résultat indique que le rail ainsi mutilé avait une force supérieure à la moyenne trouvée par M. Locke pour des rails entiers.

Maintenant, quoique je sois disposé à reconnaître que le rail était en effet affaibli, et que cette apparente anomalie peut être attribuée à l'imperfection de la presse, comme nous l'avons constaté plus haut, on doit admettre, d'après un tel résultat, que le rail avait perdu très peu de sa force, et que le fer enlevé, c'est-à-dire près de $\frac{1}{8}$ de la section, aurait donné au rail une plus grande force s'il eût été plus judicieusement employé.

Le rapport de M. Woods sur cette expérience, est donné dans l'Appendice.

DE LA FORME DES CHAIRS
ET DES MOYENS DE FIXER LE RAIL SUR LE CHAIR.

(Note F.)

Cette question est délicate à traiter après tout ce qui a été dit et écrit. N'ayant à recommander aucune proposition de mon invention, je me trouve dans une position toute particulière pour émettre une opinion. J'ai examiné avec toute l'attention nécessaire, les différents chairs, clés, pièces d'ajustages, etc., du rail-way de Liverpool et Manchester, et je dois dire, qu'à mon avis, aucun n'est aussi simple, ni aussi convenable pour maintenir le rail, que celui employé pour le rail *simple T;* sans l'introduction du renflement inférieur, on n'aurait pas pensé à une autre forme; telle est du moins mon opinion. Il faut donc chercher comment l'on pourra conserver les avantages du renflement inférieur, sans perdre la simplicité *de logement* due au rail simple T. Pour y parvenir, M. Sinclair, dans un récent rapport, propose le moyen suivant : dans les cylindres, on ménagerait une retraite telle, que le rail à ses extrémités et aux points où il doit reposer sur le chair, présenterait une saillie égale en épaisseur à la largeur de la partie inférieure. Ainsi, la fig. XXVII, pl. 1, étant la section générale du rail, à chaque point de support, elle serait modifiée sur une longueur d'environ 3 pouces, comme l'indique la fig. XXVI, ou simplement comme la fig. XXVIII, si le laminage le permet.

Les meilleurs juges en pareille matière regardent ce système comme praticable. Je pense donc que le chair et le rail ainsi modifiés, présentent toutes les qualités désirables.

1° Nous avons toute la simplicité et la solidité *de logement* dues au rail simple T;

2° Nous conservons les avantages du renflement inférieur ;

3° Nous avons toute la largeur d'appui qui puisse être utile;

4° Dans le cas où un chair intermédiaire s'affaisserait, la portée, qui alors serait double, présenterait une résistance beaucoup plus grande que dans tout autre rail.

Ce dernier avantage est évident pour moi, bien que parmi diverses doctrines émises à ce sujet, j'aie entendu dire que le petit collet du rail ondulé donne à ce rail moins de force, et par conséquent le met à même de plier et de suivre le dé lorsqu'il s'affaisse; on considérait cela comme un avantage. S'il en est ainsi, j'avoue que je suis incapable de concevoir en quoi peut consister cet avantage.

Je n'ai encore parlé que de la manière d'appuyer latéralement le rail dans le chair, mais il est nécessaire d'empêcher le rail de se lever dans le chair, ou plutôt d'empêcher le rail de quitter le plafond du chair, quand ce dernier vient à s'abaisser; je ne pense pas qu'il y ait un moyen plus simple ni plus efficace que l'emploi du chair actuel, et de la cheville proposée par M. R. Stephenson, en supprimant toutefois la pièce de rapport.

Dans mon premier Mémoire, ne pensant pas qu'il fût possible de faire ce qui est proposé maintenant par M. Sinclair, j'étais d'avis que le chair entier serait très utile pour les extrémités des joints; mais la proposition de M. Sinclair me paraît présenter des avantages si décidés, que je considère le chair entier comme tout-à-fait

inutile, ou plutôt chaque chair devient alors un chair entier.

Il est sans doute convenable de faire connaître le moyen employé par M. Locke, pour empêcher l'extrémité du rail de se soulever, lorsque le rail lui-même est soumis à un abaissement par le passage d'un fardeau. Je considère ce moyen comme très utile. En effet, si la plate-forme d'un chair est plane, comme cela a lieu ordinairement, le rail, lorsqu'une charge le fera fléchir au milieu de la portée, exercera toute sa pression sur l'arrête de la plate-forme, et alors l'extrémité du rail sera soulevée avec assez de force pour qu'on ne puisse empêcher ce soulèvement, bien que le mouvement soit faible. On remédie à cet inconvénient en donnant à la plate-forme une légère courbure; dès-lors, le contact a toujours lieu, et l'extrémité du rail ne quitte plus le chair. Quelle que soit la forme du chair adopté, je recommanderai fortement cette disposition. La courbure nécessaire est très faible, elle est à peine visible; du reste, elle évite au chair même un grand effort.

Quant au grand et irrésistible effort produit par la contraction et l'extension, lorsque l'ensemble est bien serré par des clavettes, il sera aussi détruit par le mode indiqué pour fixer le rail au chair; il consiste à élargir un peu le petit trou fait dans le rail pour la cheville. Du reste, ce trou s'élargira bientôt de lui-même, et suffisamment pour que l'extension et la contraction puissent avoir lieu sans inconvénient. Quant à l'action de la cheville destinée à maintenir le rail, elle ne sera pas altérée par cet élargissement. Pour observer l'effet de cette disposition, il suffit de polir légèrement les extrémités des chevilles et les trous des rails; ces trous doi-

vent être un peu coniques. Il faut avoir soin de chasser dans chaque rail une cheville plus fortement que les autres; on atteindra ainsi le but proposé dans mon premier rapport, c'est-à-dire qu'on établira un point fixe vers lequel la contraction pourra marcher de chaque extrémité du rail. J'ai oublié de noter dans mon premier Mémoire que cette idée était de M. Woodhouse. *(Note A.)*

Dans quelques chairs de M. Stephenson, les chevilles au lieu d'être pointues, sont taillées en biseau. Les deux systèmes peuvent être employés.

SUR LA FORMATION DES JOINTS.

En examinant avec soin les joints des rails de la ligne de Liverpool à Manchester, j'ai reconnu qu'un sixième environ ne laissait rien à désirer; un deuxième sixième a été mal fabriqué et mal posé; les deux autres tiers varient entre ces deux extrêmes. Il en résulte naturellement la question suivante : *En quoi consiste la bonté des joints?* La réponse est simple :

1° Dans l'uniformité des dimensions de la section transversale du rail; 2° dans la régularité et le parfait *dressage* du rail dans le sens de la longueur; 3° dans la manière dont les extrémités du rail sont coupées; c'est-à-dire qu'elles doivent présenter une surface perpendiculaire à la longueur du rail, et 4° dans la régularité et l'uniformité des dimensions de l'ouverture du chair.

Il n'est point douteux que si ces conditions sont parfaitement remplies, le joint sera bon, et quoique la

perfection ne puisse être atteinte, on peut cependant, avec des soins convenables, en approcher beaucoup, surtout si, au moyen d'une faible dépense, on l'imposait comme condition du marché. Le génie pratique et le talent de nos maîtres de forges étant stimulés par les sommes considérables qui seront à dépenser, conduiraient, si les conditions ci-dessus étaient imposées, à la découverte des moyens simples d'apporter à la fabrication de grands perfectionnements; et je n'hésiterai pas à dire qu'on n'obtiendra aucune perfection dans les rails-ways, tant que de telles conditions ne seront point imposées et adoptées par les deux parties. Il est entendu que les perfectionnements à apporter dans la fabrication, regarderont le maître de forges, et que c'est aux compagnies à vérifier l'exactitude de l'exécution du contrat et la tolérance qui pourrait être accordée.

Je n'entreprendrai pas de prescrire ici les limites de la tolérance, ni les moyens de vérification; ils seront beaucoup mieux déterminés par l'ingénieur de la compagnie, lorsqu'il aura soigneusement pesé toutes les observations que nous venons de présenter. Je me bornerai à faire remarquer que, dans les marchés du Gouvernement pour la fourniture des boulets, des chappes de poulies, etc., on n'accorde qu'une très légère tolérance; et il est rarement reconnu nécessaire de rejeter quelques-uns des objets présentés à la réception. *(Note I.)*

Pour les plus petites chappes, qui sont beaucoup plus larges que l'ouverture des chairs de rail-way, et sans contredit beaucoup plus difficiles à fondre, on n'accorde qu'une tolérance de $\frac{1}{30}$ de pouce. Je ne vois aucune raison pour se montrer moins sévère dans la réception

des chairs et des extrémités des rails. Cette exigence entrainerait peut-être, dans l'origine, une augmentation de dépense ; mais l'usure des rails et des machines n'occasionne-t-elle pas une dépense d'entretien beaucoup plus grande? Je suis certain qu'il n'est point nécessaire d'insister sur ce point auprès des actionnaires qui, pendant nos expériences, ont été témoins des chocs éprouvés par le rail et indiqués par le déflectomètre, et des secousses que ces chocs produisaient aux voitures et aux locomotives. La totalité de ces chocs provenait des défauts de la voie, et principalement du manque de parallélisme des dés et du mauvais état des joints. Quelques personnes présentes les attribuaient en général à des parties plates de la surface des jantes des roues; mais, si ces parties plates existent, elles ne peuvent provenir que des mauvais joints (*). Pour en être convaincu, il suffira d'examiner l'effet produit par un choc sur une roue supportant un poids de 3 tonnes, et marchant avec une vitesse de 30 à 32 milles par heure, lorsqu'elle vient à rencontrer l'extrémité d'un rail élevé de $\frac{1}{8}$ ou peut-être de $\frac{1}{4}$ de pouce au-dessus du rail suivant, ou lorsque le joint se trouve assez ouvert pour que la roue tombe d'un rail sur l'autre, avec toute la force due à une telle vitesse.

Pour arriver à l'évaluation de cet effet, nous choisîmes un joint mal fait ou trop large; on appliqua le

---

(*) L'auteur est dans l'erreur. En effet, il est reconnu que les jantes des roues ne s'usent pas d'une manière régulière. Pour qu'il en fût autrement, il faudrait que le fer fût parfaitement homogène. L'existence des facettes peut, en outre, être attribuée à l'action des freins. (*Note du traducteur.*)

déflectomètre au dé, et le choc fut mesuré par l'instrument. Le rail fut ensuite enlevé et reposé de manière que le joint se trouva formé comme à l'ordinaire, et le vide fut reporté à l'autre extrémité. L'effet fut alors observé de nouveau, et l'on reconnut que le mauvais joint augmentait la force du choc de 50 pour cent, c'est-à-dire que la locomotive, dans cette circonstance, avait à supporter un choc d'au moins moitié plus grand que celui dû à un joint très ordinaire, et probablement double de celui qu'aurait produit un joint en bon état.

L'expérience dont je viens de parler fut la dernière; elle fut faite par M. Edward Cropper et moi, avec la locomotive *la Swiftsure;* en voici les résultats:

ARC DÉCRIT PAR LE DÉFLECTOMÈTRE.	*Mauvais joint.* —	*Joint refait.*	
	0,043	0,032	grande vitesse.
	0,030	0,016	
	0,031	0,022	
	0,023	0,015	
Moyennes,	0,032	0,021	

On voit donc le préjudice produit par les mauvais joints, et l'impossibilité d'en avoir de bons, sans une stricte uniformité dans l'ouverture du chair, et dans la partie où le rail porte. Il faut également que le rail soit parfaitement dressé et bien coupé d'équerre. Toutes ces conditions peuvent être obtenues au moyen d'une très faible dépense, et par un examen convenable lors de la livraison par les fournisseurs. Il reste aux directeurs à décider jusqu'à quel point ces idées doivent être adoptées.

Je n'ai pas parlé du joint à demi-recouvrement, parce que je pense que si le joint plat est bien fait, l'autre devient inutile (*); car il y a, comme je l'ai déjà fait observer, parmi les rails actuels, environ $\frac{1}{6}$ de joints plats en aussi bon état que pourraient l'être des joints à recouvrement; ils seraient même préférables, si ces derniers n'étaient point coupés au moyen d'une machine, opération qui, pour des rails de fortes dimensions, occasionnerait une grande dépense sans procurer un avantage équivalent.

SUR LE MOYEN DE FIXER LE CHAIR SUR LE DÉ.

(Note G.)

Cette question doit être considérée sous deux points de vue, savoir : simplicité dans les moyens de fixer et de changer le chair en cas de besoin, et solidité dans le système d'attache.

Dans mon premier Mémoire, j'ai recommandé, pour la solidité de l'attache, une méthode qui consistait à percer le dé dans toute sa hauteur, et à le faire traverser par un boulon à large tête; sauf ce que je proposai dans mon rapport pour prévenir l'affaissement du dé. Cependant, l'opinion générale des praticiens est que ce système a déjà été essayé, il y a quelques années, et trouvé insuffisant; depuis, il a été rejeté par son

(*) L'expérience a confirmé l'opinion de M. Barlow. Ainsi, les joints bout à bout sont maintenant préférés sur presque tous les chemins de fer. (*Note du traducteur.*)

propre auteur (*). Je remarque, en outre, qu'en général les personnes d'une grande expérience regardent comme suffisante, sous tous les rapports, la méthode actuellement employée presque partout, et qui consiste en une cheville en fer enfoncée dans une cheville en bois. Je me trouve, en conséquence, amené à recommander ce dernier système.

RÉSUMÉ.

Dans les pages précédentes, j'ai répondu à toutes les questions qui m'avaient été posées dans la décision de l'assemblée générale. En le faisant, j'ai pensé qu'il était convenable d'exposer les différents principes, et les expériences d'où j'avais tiré mes conclusions qui se trouvent, par conséquent, disséminées. Il m'a paru convenable de les réunir ici et de les séparer de toute autre matière. Elles seront, en conséquence, ainsi formulées.

1° Autant que cela peut s'accorder avec le capital à dépenser, il est désirable d'augmenter le poids ou la section des rails, et de diminuer proportionnellement le nombre des portées.

2° Dans les tranchées et les parties où le terrain est solide, la dimension des dés est suffisante; ainsi, on doit donner aux dés intermédiaires 4 pieds, et à ceux

(*) Les boulons ont été essayés sur le chemin de Darlington. On y a renoncé par suite des difficultés de l'entretien.

(*Note du traducteur.*)

des joints 5 pieds, tant que la longueur de portée n'excédera pas 5 pieds; mais, sur les remblais, ces dimensions demanderont probablement à être proportionnellement augmentées. Toutefois, je recommande de soumettre cette question à l'expérience.

3° Dans le premier cas, la dépense d'entretien sera, en peu de temps, en proportion de la réduction du nombre de dés, mais elle ne sera certainement pas moindre.

4° Le rail à doubles renflements égaux (double T) est inférieur en force et en facilité à le fixer sur le chair, à celui décrit dans les pages précédentes, et modifié suivant les différentes longueurs de portée. *(Note D.)*

5° Je regarde comme recommandable, sous tous les rapports, la proposition de M. Sinclair, de rendre uniforme l'épaisseur du rail dans la partie où il traverse le chair.

6° La forme de chair proposée par M. Stephenson, et son moyen de fixer le rail sur le chair me paraissent, en adoptant la modification due à M. Sinclair, aussi simples et aussi efficaces que possible. *(Note F.)*

7° Cédant, comme je suis toujours disposé à le faire, aux opinions de la pratique, quand elles s'accordent presque généralement, je pense que le moyen actuellement employé pour fixer le chair au dé par une cheville en fer et une cheville en bois, doit être recommandé sous le double rapport de la simplicité et de la convenance. *(Note G.)*

Enfin, je suis fortement convaincu qu'aucune modification de forme ne produira quelque perfectionnement essentiel, tant qu'on n'exigera pas une plus grande uniformité dans la section et dans les dimensions des rails

et des chairs, et tant qu'on n'apportera pas une plus grande attention au parallélisme des dés et à l'ajustement entre les extrémités des rails, de manière que l'expansion et la contraction puissent avoir lieu sans inconvénient.

En terminant ce Mémoire, je pense qu'il est de mon devoir de constater que, s'il paraît contenir des faits ou des recherches de quelque valeur, on les doit à l'empressement avec lequel MM. les directeurs du rail-way de Liverpool à Manchester nous ont mis à même de faire nos diverses expériences. J'ai également beaucoup à me louer de l'attention et de la complaisance dont ces Messieurs ont fait preuve à mon égard, et je suis certain que je me conforme aux désirs de mes *coadjuteurs*, MM. Isaac Solly et Thomas Tooke, députés par la compagnie de Londres à Birmingham, en exprimant notre vive reconnaissance à M. Théodore-W. Rathborn, pour la cordiale hospitalité que nous avons reçue au Prieuré d'Allerton.

CALCULS ET COMPARAISONS ÉTABLIS SUR LES DONNÉES PRÉCÉDENTES.

Le Mémoire précédent ayant été déposé, MM. les secrétaires et ingénieurs furent priés de remettre à l'administration, un état des dépenses de construction d'un mille de rail-way, établi sur chacune des proportions indiquées dans les tables (page 95). Nous donnons ci-après une copie de ce travail.

RAPPORT.

«Conformément aux instructions du comité, j'ai com-
» muniqué à M. Stephenson une copie du Mémoire
» dressé par M. Barlow, d'après l'inspection et les expé-
» riences faites sur le rail-way de Liverpool à Manchester,
» et j'ai prié M. Stephenson de fournir au comité un dé-
» tail estimatif de la dépense des rails et des supports,
» conformément aux dimensions et aux poids stipulés
» dans les tables données par M. Barlow.

» Les deux premières tables indiquent le poids des
» rails, chairs et accessoires, la quantité de dés, et le
» nombre de pieds cubes de pierre nécessaires pour for-
» mer un mille de rail-way sur quatre lignes, selon que
» les portées des rails sont les plus grandes ou les plus
» petites, de manière à présenter la même force rela-
» tive, mais non la *même tension* qu'un rail parallèle
» ayant la section et le poids recommandés par M. Bar-
» low, c'est-à-dire 51,4 lbs par yard, et 257 lbs par
» rail, la distance des supports étant de 5 pieds

» La troisième table indique le poids nécessaire pour
» présenter la raideur relative, et non la même force
» que le même rail aux mêmes distances de supports.

» Dans une réunion qui eut lieu à Woolwich, samedi
» dernier, en notre présence, M. Stephenson fit obser-
» ver à M. Barlow que le rail parallèle étant approuvé
» par le comité, il devait être pris pour base de tous les
» calculs concernant la force relative et la raideur des
» rails à différentes portées. En conséquence, la qua-
» trième table est devenue superflue.

» Les détails estimatifs que nous donnons ici ont été

» rédigés par M. Stephenson et moi, de manière à remplir, autant que possible, les vues du comité relativement aux tables de M. Barlow. L'état A indique la dépense par mille à différentes longueurs de portées, où la *force relative* est seulement observée ; dans l'état B, on donne également la dépense par mille avec les mêmes portées, en ayant seulement égard à la *raideur relative.* »

État *A.*

Estimation de la force relative.

Portée de 3 pieds.					
51,4 lbs par yard.	161 tonnes de rails, à 11	L.	» s.	1,771 L.	» s.
157 lbs par rail.	69 id. de chairs, à 8		10	586	10
	7,040 dés, à......	»	6	2,112	»
			Par mille,	4,469 L.	10 s.
Portée de 3 pieds 9 p.					
58,8 lbs par yard.	185 tonnes de rails, à 11	L.	» s.	2,035 L.	» s.
294 lbs par rail.	55 id. de chairs, à 8		10	467	10
	5,632 dés, à......	»	6	1,689	10
			Par mille,	4,192 L.	» s.
Portée de 4 pieds.					
63,9 lbs par yard.	192 tonnes de rails, à 11	L.	» s.	2,112 L.	» s.
326 lbs par rail.	52 id. de chairs, à 8		10	442	»
	5,280 dés, à......	»	6	1,584	»
			Par mille,	4,138 L.	» s.
Portée de 5 pieds.					
67,4 lbs par yard.	212 tonnes de rails, à 11	L.	» s.	2,332 L.	» s.
337 lbs par rail.	41 id. de chairs, à 8		10	348	10
	4,224 dés, à......	»	6	1,267	4
			Par mille,	3,947 L.	14 s.
Portée de 6 pieds.					
79 lbs par yard.	248 tonnes de rails, à 11	L.	» s.	2,728 L.	» s.
316 lbs par rail.	35 id. de chairs, à 8		10	297	10
	3,520 dés, à......	»	6	1,056	»
			Par mille,	4,081 L.	10 s.

État *B*.

Estimation de la raideur relative.

Portée de 3 pieds.					
51,4 lbs par yard.	161 tonnes de rails, à 11 L.	» s.	1,771 L.	» s.
257 lbs par rail.	69 id. de chairs, à 8	10	586	10
	7,040 dés, à...... »	6	2,112	»
		Par mille,	4,469 L.	10 s.
Portée de 3 pieds 9 p.				
67,5 lbs par yard.	212 tonnes de rails, à 11 L.	» s.	2,332 L.	» s.
337 $\frac{1}{2}$ lbs par rail	55 id. de chairs, à 8	10	467	10
	5,632 dés, à...... »	6	1,689	10
		Par mille,	4,488 L.	20 s.
Portée de 4 pieds.				
72 lbs par yard.	226 tonnes de rails, à 11 L.	» s.	2,486 L.	» s.
384 lbs par rail.	52 id. de chairs, à 8	10	442	»
	5,280 dés, à...... »	6	1,584	»
		Par mille,	4,512 L.	» s.
Portée de 5 pieds.				
92 lbs par yard.	289 tonnes de rails, à 11 L.	» s.	3,179 L.	» s.
460 lbs par rail.	41 id. de chairs, à 8	10	348	10
	4,224 dés, à...... »	6	1,267	4
		Par mille,	4,794 L.	14 s.
Portée de 6 pieds.				
122,5 lbs par yard	385 tonnes de rails, à 11 L.	» s.	4,235 L.	» s.
490 lbs par rail.	35 id. de chairs, à 8	10	297	10
	3,520 dés, à...... »	6	1,056	»
		Par mille,	5,588 L.	10 s.

RÉSUMÉ DES ESTIMATIONS.

PORTÉE.		A. Force relative.		B. Raideur relative.
3 pieds,	par mille,	4,469	....	4,469
3 p. 9 p^{ces}.	»	4,192	....	4,489
4 p. ...	»	4,138	....	4,512
5 p. ...	»	3,947	....	4,794
6 p. ...	»	4,081	....	5,588

» Il faut observer que dans les estimations précéden- » tes, on a compté les rails au prix moyen de 11 livres » par tonne; mais si les rails les plus lourds doivent » avoir la même force relative, et la même qualité de » fer que les rails les plus faibles (ce dont M. Stephen- » son doute dans le cas où le poids dépassera 70 lbs » par yard, en longueur de 15 pieds), il sera nécessaire » d'élever le prix moyen de 11 livres par tonne pour » mettre en comparaison les rails les plus lourds avec » les rails les plus légers.

» Les chairs et accessoires sont supposés aux mêmes » poids et prix moyens par chair, parce que dans les » plus longues portées, un excès de poids serait équiva- » lent à l'économie dans les accessoires.

» Les dés sont comptés à 6^{s} par dé l'un dans l'autre; » mais il faudrait élever ce prix, si l'on adoptait les plus » longues portées, parce qu'alors on serait obligé » d'augmenter les dimensions des dés.

» En comparant les estimations ci-dessus, on remar- » quera que l'état B indique, pour les portées agrandies, » l'emploi d'un degré de force plus que relatif, pour

» conserver aux rails un degré relatif de raideur ; mais » si un excès de force est préférable à un manque de » raideur, avec une force égale à celle relative à l'augmentation des portées, ainsi que M. Barlow l'a établi » dans notre réunion de samedi, alors le comité ne doit » s'occuper que de l'état *B*, dont les résultats ne sont » certainement point favorables à une extension de la » longueur des portées actuelles, sous le rapport de la » question de dépense comparative, seule question dont » nous nous sommes occupés dans ce rapport (*).

» *Signé :* R. Creed. »

J'ai concouru à la rédaction du rapport ci-dessus.

Signé : Rob. Stephenson.

Le rapport précédent m'ayant été soumis, je le remis aux Directeurs, en l'accompagnant des observations suivantes :

Observations sur le rapport de M. Creed.

Je prie de remarquer que le rapport de M. Creed s'accorde précisément avec les déductions établies dans mon rapport ; mais il y a un point concernant l'influence de la flexion, que je puis traiter plus particulièrement que dans mon premier travail, par suite de nouvelles recherches et de récentes expériences.

(*) Dans les évaluations précédentes, on suppose la même *durée* aux chairs qu'aux rails, tandis qu'au contraire, on aurait dû observer que les chairs ont une durée à peu près double de celle des rails. (*Note du traducteur.*)

Les flexions des rails produisent un effet semblable à une succession de courts degrés, lors même que les principes avancés dans la question du rail-way de Geat-Western seraient vrais, c'est-à-dire que la force perdue en montant du milieu d'une barre à son support, est gagnée par la descente sur l'autre moitié de la barre, principes que je considère comme erronés en théorie comme en pratique. Je ne puis donner ici mes recherches (*), mais les résultats indiqués vis-à-vis les nombres dans les colonnes marquées *A* et *B* dans le rapport de M. Creed, mettront les directeurs à même de juger la quantité et la valeur des avantages des rails raides. Les plus raides sont certainement les meilleurs, mais cet avantage est racheté par un prix trop élevé.

Il résulte de ce que nous venons de dire, que l'effet de la flexion est comparable à celui d'une locomotive montant constamment un plan incliné. Dans la table suivante, j'ai calculé et établi l'inclinaison due aux différents degrés de raideur, ou plutôt aux différents degrés de flexion, dans les divers cas de la colonne marquée *A* :

Portée en pieds,	*pouces.*	*Prix par mille.*	*Inclinaison équivalente à la flexion.*
3	0	4,469 livres	$\frac{1}{3000}$
3	9	4,192	$\frac{1}{2422}$
4	0	4,138	$\frac{1}{2340}$
5	0	3,947	$\frac{1}{1876}$
6	0	4,081	$\frac{1}{1756}$

C'est-à-dire que la flexion de la première barre produit une augmentation de résistance égale à celle que

(*) Elles sont exposées dans une page suivante.

la locomotive éprouverait en montant un plan élevé de 1 yard sur 3,000, et cet effet est le même pour tous les nombres de la colonne *B*. De même, la portée de 3 pieds, colonne *A*, donne une flexion qui est équivalente à l'effort nécessaire pour monter un plan incliné de 1 sur 1,876, et ainsi de suite.

Signé : Peter Barlow.

2 octobre 1833.

Ayant ainsi établi clairement ce qui peut concerner la dépense et les avantages pour la traction, points essentiels pour décider la question des dimensions à donner aux rails et à la longueur des portées, j'attendis une réunion des directeurs où les divers avantages et désavantages furent consciencieusement discutés. Il y fut décidé qu'on donnerait la préférence au rail indiqué par ma quatrième table pour une longueur de portée de 3 pieds 9 pouces. Il est peut-être bon de donner ici en abrégé les motifs qui déterminèrent les directeurs à préférer ce rail ; pour cela, il sera bon d'établir les dépenses par mille, résultant de l'adoption des proportions données dans ma quatrième table, indiquée par la lettre *C*, ainsi que le poids par rail, le poids par yard, et les plans correspondant aux différentes flexions dans les divers cas.

Table A,

Dans laquelle on a conservé la même force, 7 tonnes.

Portée.		Poids par yard.	Poids du rail.	Prix.	Plan correspondant ou pente.	Augmentation de résistance par tonne.
pieds.	pouc	lbs.	lbs.	L.		lbs.
3	0	51,4	257	4,469	1 sur 3,000	0,75
3	9	58,8	294	4,192	1 sur 2,432	0,92
4	0	63,9	326	4,138	1 sur 2,340	0,96
5	0	67,4	337	3,947	1 sur 1,876	1,20
6	0	79,	316	4,081	1 sur 1,756	1,28

Table B,

Dans laquelle on a conservé la même flexion proportionnelle

3	0	51,4	257	4,469	1 sur 3,000	0,75
3	9	67,5	337$\frac{1}{2}$	4,489	Id.	Id.
4	0	72,0	384	4,512	Id.	Id.
5	0	92,0	460	4,794	Id.	Id.
6	0	122,5	490	5,588	Id.	Id.

Table C,

Dans laquelle l'effort est au moins de 8 tonnes, et la flexion proportionnelle ne dépasse pas $\frac{03}{18}$.

3	0	55,5	277,5	4,618	1 sur 2,625	0,95
3	9	64	320	4,368	1 sur 2,760	0,91
4	0	66,7	356	4,330	1 sur 2,652	0,94
5	0	75,8	379	4,238	1 sur 2,400	1,04
6	0	100	400	4,807	1 sur 2,400	1,04

En faisant un choix d'après les tables ci-dessus, narellement nous nous baserons d'abord sur la dépense,

et prenant la moindre, nous arriverons à la portée de 5 pieds comme dans la table *A;* mais malheureusement la flexion de ce rail est telle, qu'il faudrait imposer à la machine une traction additionnelle d'environ moitié d'une livre par tonne, ou à peu près 6 pour 100 sur sa puissance entière, indépendamment de ce que réclame la portée de 3 pieds. Ainsi, la différence dans les frais de l'établissement, ou l'économie première serait trop chèrement obtenue par une augmentation de puissance à donner à la machine, ou, si la puissance restait la même, par une réduction dans la vitesse. En outre, il ne faut pas oublier que l'effet de trois supports au lieu de cinq, n'a pas encore été expérimenté sur un remblai, ou sur un terrain nouvellement remué, et que le succès de cette expérience est, pour le moins, fort douteux. Il a été également établi que M. Stephenson se proposait de recommander à l'administration d'adopter des locomotives de la même puissance que les locomotives actuelles de 12 tonnes, et qui, au lieu d'avoir les roues dépendantes les unes des autres, seraient disposées de manière à rejeter 8 des 12 tonnes sur une paire de roues motrices. Une telle disposition mettrait entièrement de côté les nombres de la première table, et nous sommes dès-lors obligés, pour notre choix, de nous reporter aux tables *B* et *C*.

Prenant encore pour guide la moindre dépense, nous arrivons à choisir la portée de 5 pieds dans la table *C;* mais ici une autre difficulté se présente : le poids du rail par yard est tel, suivant M. Stephenson, qu'il est douteux que ce poids puisse être mis en entier en rail de 15 pieds de longueur, et que si cela se pouvait, il nécessiterait probablement une telle augmentation dans le

prix de la tonne, que ce rail loin de présenter de l'économie, serait, au contraire, plus dispendieux. D'un autre côté, si nous réduisons la longueur du rail à 10 pieds, alors le nombre de joints sera augmenté, ce qui est une grave objection. Nous rappellerons en outre ce qui a été dit plus haut, relativement au doute qui existe évidemment à l'égard de la quantité de supports à employer sur les remblais.

Ces observations paraissent suffisantes pour faire rejeter les portées de 5 pieds, au moins dans les cas ci-dessus. Quant aux portées de 4 pieds, elles nécessitent des longueurs de 16 pieds au lieu de 15; le poids de tout le rail est un peu moindre que dans les portées de 5 pieds. L'objection que nous avons précédemment citée lui est par conséquent applicable.

Pesant ces diverses circonstances, j'étais disposé à recommander la seconde barre dans la table *C;* ses portées sont de 3 pieds 9 pouces, le poids par yard est de 64 lbs, et celui du rail entier est de 320 lbs. La différence de la dépense entre ce rail et celui à portées de 5 pieds, est seulement de 135 l. par mille. Ce rail sera plus lourd que ceux employés jusqu'à présent; ses portées seront plus étendues, et la surface de roulage beaucoup moindre qu'on ne le pratique généralement, et je ne pense pas que la différence dans la dépense, soit telle, qu'elle puisse engager à s'exposer au danger d'une faute, en donnant à ces innovations une plus grande étendue.

Telle fut ma manière de voir; M. Stephenson et plusieurs directeurs présents à notre réunion, la partagèrent, et j'espère qu'elle repose sur de tels raisonnements, qu'elle paraîtra très satisfaisante aux personnes,

qui, jusqu'à présent, ont si chaudement défendu les portées de 5 pieds. Ayant recommandé le deuxième rail de ma table n° 4, je vais en donner les proportions. Je suis disposé à augmenter la hauteur du rail de 3 pieds 9 pouces de portée, dans la table 1, c'est-à-dire à lui donner 4 pouces $\frac{3}{4}$ au lieu de 4 pouces $\frac{5}{8}$, et à disposer en conséquence, les autres dimensions. La fig. XXIV, pl. 1, est dessinée au quart de la grandeur naturelle; les parties ponctuées représentent les remplissages que M. Silvestre met à chaque point de support, je ne leur ai donné qu'un pouce de hauteur, quantité bien suffisante pour assurer la fermeté du support.

Voici les dimensions :

Tête de 1 pouce de hauteur.	22,5 lbs.
Hauteur totale	4 $\frac{3}{4}$ pouces.
Hauteur de la partie inférieure	1 pouce.
Largeur de id.	1 $\frac{1}{2}$ pouce.
Epaisseur de la côte centrale	9 pouces.
Poids par yard	64 lb.
Les pièces de remplissage.	1 lbs.
Poids total par yard.	65 lbs.

RECHERCHES THÉORIQUES SUR L'EFFET DE LA FLEXION.

Déterminer l'influence de la flexion d'une barre sur le mouvement d'un corps passant sur cette barre supportée par ses deux extrémités.

Soit ACB (*fig.* XXXIII, *pl.* 1) une barre élastique supportée en son milieu, et chargée à ses deux extrémités par deux poids égaux w, w. Alors, la flexion des deux extrémités, sera exactement la même que celle de la même barre supportée à ses extrémités, et chargée en son milieu d'un poids égal à 2 w.

Soit (*fig.* XXXIV) ACB la même barre supportée en un point C, qui divise la longueur totale en deux parties m, n; soit en B une charge $= \frac{2nw}{l}$ et en A une charge $= \frac{2mw}{l}$ (l étant la longueur totale), de manière que la pièce soit en équilibre sur le support C, et que la somme des deux poids égale 2 w comme auparavant. Alors, cb sera la flexion du point A, et Ca celle du point B; Ce sera une flexion moyenne par rapport à la ligne oblique AB, et cette flexion sera la même que si la barre était supportée en A et B sur une ligne horizontale, et chargée en C avec un poids 2 w, les flèches étant considérées comme très petites en comparaison de la longueur.

Dans la fig. XXXIII, soit Δ, l'élément de flexion en C; alors la flèche totale étant comme l'élément de flexion est au carré de la longueur, nous pouvons représenter $Ca = \delta$ par $\frac{1}{4} l^2 \Delta$; mais l'élément de flexion est dans la même pièce comme l'effort; et l'effort en C, dans la fig. XXXIV, est à celui de la fig. XXXIII comme $mn : \frac{1}{4} l'$. Donc, dans la fig. XXXIV, l'élément de la flexion $\Delta' = \frac{4mn}{l^2} \Delta$, et la flèche $Ca = \frac{4m^3n}{l^2} \Delta = \delta'$,

la flèche $Cb = \frac{4mn^3}{l^2} \Delta = \delta''$,

et $ba = \frac{4mn(m^2-n^2)}{l^2} \Delta = \delta' - \delta''$,

conséquemment, le sinus de l'inclinaison ou de l'angle $ABa = \frac{4mn(m^2-n^2)}{l^3}$, et c'est précisément l'inclinaison que la tangente Ct aurait, si la pièce était tournée vers C, jusqu'à ce que AB devînt horizontal, et, par conséquent, la même que la tangente Ct aurait, si la barre était supportée à ses extrémités, et chargée en C avec un poids de $2w$; c'est cette inclinaison qui forme empêchement au mouvement du corps, le long de la face plane de la barre.

Pour trouver le point où cette inclinaison est la plus grande, nous avons :

$$\begin{cases} m + n = l \\ m\,n\,(m^2 - n^2) = \text{un maximum}; \end{cases}$$

ou $m(l - m)(2lm - l^2)$ un maximum;

ou $-2lm^3 + 3l^2m^2 - l^3m$ un maximum;

d'où $-6lm^2 + 6l^2m - l^3 = 0$;

$$m^2 - lm = \frac{1}{6} l^2$$

$$m = \frac{1}{2} l\left(1 \pm \sqrt{\tfrac{1}{3}}\right)$$

$$n = \frac{1}{2} l\left(1 \mp \sqrt{\tfrac{1}{3}}\right)$$

Lorsque m et n ont leur valeur, l'inclinaison de la tangente est plus forte, et conséquemment à ce point, la résistance au mouvement est la plus grande. On a vu que le sinus de l'angle d'inclinaison est exprimé généralement par $\frac{4mn(m^2-n^2)}{l^3}$

Appelant $l = 1$, cela devient $\frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{1}{3}} = 0{,}384$. Alors, l'inclinaison d'un plan d'une longueur moitié de celle de la barre, c'est-à-dire $\frac{1}{2}\ l$, dont la hauteur est égale à la flèche du centre, savoir: $\frac{1}{4}\ l^2\ \Delta$ (ce que l'on confond souvent par erreur) serait, lorsque $l = 1$, proportionnelle à $\frac{\frac{1}{4} l^2}{\frac{1}{2} l} = 0{,}50$, c'est-à-dire que la plus grande résistance qu'une lourde charge éprouve par suite de la flexion d'une barre sur laquelle elle passe, est à la résistance constante qu'elle éprouverait à monter un plan incliné, dont la hauteur serait égale à la flexion centrale, comme 0,384 est à 0,50, ou presque comme 3 est à 4. De plus, la première agit seulement pendant un instant, elle commence et se termine par zéro, tandis que l'autre reste toujours constante.

Pour comparer la somme de toutes les résistances, dans les deux cas, supposons encore $l = 1$; alors l'expression générale pour la résistance en un point quelconque, savoir : $\frac{4mn(m^2-n^2)}{l^3}$

devient, $4\,(-2\,m^3 + 3\,m^2 - m)$

Cette quantité multipliée par la différentielle de m, donne:

$$4\,(-2\,m^3 + 3\,m^2 - m)\,dm,$$

dont l'intégrale entre les valeurs $m = \frac{1}{2}$ et $m = 1$, est $\frac{1}{8}$, tandis que la somme de toutes les résistances cons-

tantes 0,50 pour la demi-longueur $= \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, c'est-à-dire que la somme de toutes les résistances variables qu'éprouve un fardeau par la flexion de la barre sur laquelle il passe, est exactement la moitié de la résistance que le fardeau éprouverait en montant un plan de la même demi-longueur, et dont la hauteur est égale à la flexion centrale de la même barre.

La résistance sur un tel plan, la flexion centrale étant δ, qui doit être considérée comme la hauteur du plan, sa longueur étant $\frac{1}{2} l$, est $\frac{2\delta}{l}$; conséquemment, la résistance d'une barre fléchie, seulement de la même quantité, sera de $\frac{\delta}{l}$.

Il est bien entendu que cette quantité représente la résistance que le corps éprouve pour monter du milieu de la barre au point d'appui ; et si, comme on l'a admis dans le comité du parlement, lors de la discussion relative au Great Western rail-way, on gagne dans la descente autant de puissance qu'on en perd dans la remonte, il n'y aurait plus de difficulté, et la flexion de la barre ne serait pas un inconvénient; mais cette supposition est tout à fait erronée, aussi bien en théorie qu'en pratique. En fait, le bénéfice dû à la descente est tellement petit sur des plans aussi courts que ceux dont nous occupons, qu'il doit être entièrement rejeté. Ainsi, sur un plan supposé parfaitement horizontal, le retard ou résistance additionnelle apporté au mouvement des voitures, par la flexion du rail, sera équivalent à la résistance qu'éprouveraient les voitures sur un plan dont moitié de la longueur aurait une pente égale à $\frac{\delta}{l}$, et dont l'autre moitié serait horizontale ; ou ce qui revient

au même, sur un plan entièrement incliné, dont la pente serait égale à $\frac{\delta}{2l}$, quantité dans laquelle, l est la distance entre les deux appuis, et δ la flexion centrale. Ayant ainsi la résistance due à la flexion d'un plan d'une pente ascendante continue, on connait la résistance par tonne, et par conséquent, le chiffre exact de l'accroissement de puissance que doit avoir la locomotive pour vaincre cette résistance. Adoptant ce principe, on trouve que l'effet de la flexion sur les différents rails dont nous avons donné les sections (page 91 et suivantes), détermine des résistances équivalentes à celles de plans ayant les pentes ci-après :

Longueur des portées.		*Flèches.*	*Plans équivalents.*	*Augmentation de puissance par tonne.*
Pieds.	Pouces.			
3	0	0,024	1 sur 3,000	0,75 *lb.*
3	9	0,037	1 sur 2,432	0,92
4	0	0,041	1 sur 2,341	0,95
5	0	0,064	1 sur 1,875	1,20
6	0	0,082	1 sur 1,756	1,30

Ces considérations sont très importantes pour l'économie à apporter dans les chemins de fer; elles satisfont entièrement les mathématiciens; mais comme il peut ne pas en être de même pour les personnes qui n'ont pas l'habitude de suivre de tels raisonnements, j'ai fait exécuter un petit modèle représentant une longueur de rail. La distance des supports est de 30 pouces; les deux rails sont en acier étiré, de $\frac{1}{4}$ de pouce sur $\frac{1}{8}$; le poids et le charriot pesaient 134 onces, et la flèche produite par cette charge était environ d'un demi-pouce. Ce modèle est représenté par la fig. XXXII, pl. 1, sur laquelle est indi-

quée la balance destinée à recevoir les poids nécessaires à la démonstration. De A en B, était posée une pièce de bois bien plane, sur laquelle les rails furent d'abord placés parallèlement, et à la distance ordinaire. L'extrémité du modèle A étant alors élevée, ce plan fut rendu tout-à-fait horizontal, et des poids furent successivement mis dans la balance, jusqu'à ce que leur somme fût égale au frottement; le poids total, y compris la balance, fut exactement de 5 onces. On plaça alors le modèle dans sa position naturelle; la base CD fut soigneusement mise de niveau, et le charriot placé sur les rails non supportés. Le poids était placé de manière que son action eût lieu, autant que possible, seulement sur les roues de devant. Les 5 onces représentant le frottement furent mises dans la balance, et on y ajouta successivement d'autres poids. A chaque once introduite dans la balance, le charriot avançait, et lorsque le poids fut de 16 onces, il monta au point E, où la résistance était la plus grande; alors il prit un mouvement accéléré jusqu'à l'extrémité du rail. Le point E, d'après nos recherches précédentes, devait être un peu au-delà de la moitié de la demi-longueur; l'expérience indiqua également cette position. Au point le plus bas de la courbe, la résistance était la même que sur le plan horizontal et qu'à l'extrémité B; ce résultat s'accorde avec nos calculs.

Les rails furent alors retirés, et le plan déjà décrit fut placé de A en B, avec une inclinaison qui permit aux rails de passer exactement par le point F. On trouva alors qu'il fallait un poids de 19 onces $\frac{1}{2}$ pour faire équilibre au charriot et au frottement. Par conséquent, la plus grande résistance sur des rails courbés était à la résistance sur des rails droits comme (16 — 5) est à

($19\frac{1}{2} - 5$), ou comme 11 est à $14\frac{1}{2}$; ce résultat se rapproche beaucoup de celui donné par la théorie. Le seul doute qui puisse rester, est de savoir jusqu'à quel point je dois rejeter, comme ayant trop peu d'importance, l'augmentation de puissance due au côté descendant. Cette question ne peut être soumise à l'expérience; je suis en conséquence obligé de m'en rapporter à une démonstration. Ce cas ne présente certainement aucune difficulté pour les personnes qui connaissent la mécanique théorique; mais cette question ayant été envisagée sous un jour différent par une personne de hautes connaissances, j'aurais vivement désiré démontrer cet effet par une expérience; malheureusement il dépend entièrement de la vitesse, et dès-lors l'expérience devient impossible

J'avais l'intention de donner ici un aperçu de l'effet des pentes, mais comme cela pourrait paraître étranger au principal but de ce rapport, et que, pour l'examiner en détail, et le comparer avec les résultats connus, il me faudrait y consacrer plus d'espace que je ne puis lui en accorder, je réserverai cette recherche pour une occasion plus favorable, et je me bornerai à expliquer ici le principe suivant lequel il me semble que ce sujet doive être traité.

Lorsqu'une charge a été élevée sur un plan incliné de B en C (*fig. XXX*, *pl.* 1), l'action de la machine a consisté à vaincre le frottement, et à élever le poids à la hauteur DC. Sur le plan descendant CA, la charge est sollicitée à descendre par une force dont il faut déduire ce qui est détruit par le frottement; la quantité restante représente une partie du pouvoir employé à élever le fardeau. Cette quantité dépendra du temps de la des-

cente, et ne pourra jamais excéder ce que la gravité elle-même engendrerait dans la charge, si elle était libre durant le temps de la descente, c'est-à-dire que quand un corps est sollicité à descendre un plan, par une force supérieure à la gravité, nous ne devons attribuer à cette dernière, que l'effet ou le mouvement qu'elle pourrait imprimer au corps s'il était libre sur le même plan, et pendant le même temps. Cela étant admis, il en résulte que très peu d'aide proviendra de la gravité pendant le passage de la charge le long de la demi-longueur du rail, ou moitié de la distance entre deux supports, le temps étant seulement d'environ $\frac{1}{20}$ de seconde, et la pente n'ayant pas plus de 1 sur 2,000 ou 3,000. J'ai donc, avec raison, rejeté cette quantité de mes calculs.

DE LA SECTION DE PLUS GRANDE FORCE.

La question : *Quelle est la figure de plus grande force?* comme beaucoup d'autres relatives aux rail-ways, a donné lieu à des opinions directement opposées. Tandis que les uns prétendent que la forme la plus résistante est celle qui a le renflement inférieur le plus large, d'autres prétendent que si le renflement était entièrement enlevé, et la matière placée de manière à prolonger la côte centrale, on obtiendrait une force additionnelle considérable. Voici le raisonnement avancé à l'appui de cette dernière opinion :

Soit *a b c d* (fig. XXIX, pl. 1), la section d'un rail à double renflement, dont celui du bas est marqué par les lettres

c et *d;* on prétend que si ces parties étaient enlevées et placées dans le prolongement de la partie centrale en *e*, par exemple, les fibres étant alors placées plus loin de l'axe neutre que dans leur première position, elles produiraient plus d'effet. Cela est exact, mais alors la partie de la côte centrale entre *c* et *d*, deviendrait moins forte, parce que dans sa première forme, cette partie est au milieu des fibres inférieures qui exercent entièrement leur tension de 10 tonnes, tandis que dans la seconde forme, les parties entre *c* et *d*, ne font plus partie des fibres inférieures, et c'est précisément dans les fibres inférieures que cette tension peut être entièrement exercée. Il est par conséquent évident que cette question rentre immédiatement dans la classe des *maxima* et des *minima;* en voici la solution :

Etant donnée la section d'un rail au-dessous de l'axe neutre, trouver les dimensions du renflement inférieur, de manière que la force soit un maximum; la largeur de la côte centrale et la hauteur du renflement inférieur étant données.

Soit, comme dans mon premier rapport, page 41 (*fig. XV, pl.* 1),

L'aire totale de la section au-dessous de *n n* $= a$,
La largeur de la côte *p q*. . . . . $= b$,
La hauteur *n s*. . . . . $= d'$,
La hauteur du renflement inférieur *r s* . . . $= e$,
La tension de la fibre inférieure. . . . . . . $= t$.

1° Pour trouver d'abord l'expression de la force de la côte centrale, prenons une distance variable x, alors, $d' : t :: x : \frac{tx}{d'} =$ tension de la fibre en x. Multipliant cette quantité par la distance x et la largeur b,

nous aurons pour la somme de toutes les résistances :

$$\int \frac{t}{d'} b x^2 dx = \frac{tb}{3d'} x^3,$$

ce qui donne, lorsque $x = d'$, $\frac{1}{3} d'^2 bt$.

2° Pour trouver l'expression de la force du renflement inférieur, soit : la largeur $= b'$, la distance de $nn = x$, alors $d' : t :: x \frac{tx}{d'} =$ tension de la fibre en x, qui, multipliée par la distance x et la largeur b', donne pour la somme de toutes les résistances : $\int \frac{t}{d'} b' x^2 dx$

Cette quantité prise entre les valeurs $x = d'$ et $x = d' - e$, donne :

Résistance $= \frac{3d'e^2 - 3d'e^2 + e^3}{3d'} b't = \left(d'e - e^2 + \frac{e^3}{3d'}\right) b't$

Par conséquent, la résistance de la côte et du renflement inférieur est :

$$\frac{1}{3} d'^2 bt + \left(d'e - e^2 + \frac{e^3}{3d'}\right) b't$$

Reste à déterminer quelle valeur doit être donnée à d', pour que cette expression puisse être un *maximum*.

Pour y arriver, il suffit de considérer d' comme variable, de le représenter par x, de trouver la valeur de la quantité dépendante b' en fonction de x, de substituer ces quantités dans l'expression précédente, et de faire sa différentielle égale à zéro.

Maintenant, puisque la hauteur de la côte centrale est x, et la largeur b, l'aire est bx, et conséquemment l'aire du renflement inférieur $= a - bx$, et sa hauteur étant e, sa largeur $= \frac{a - bx}{e}$, c'est-à-dire : $b' = \frac{a - bx}{e}$

Substituant par conséquent $\frac{a}{e} - \frac{b}{e} x$ pour b', et x pour d' dans l'expression précédente, et supprimant t qui est commun, nous aurons :

$$\tfrac{1}{3}\,b\,x^2+\left(e\,x-e^2+\frac{e^3}{3x}\right)\left(\frac{a}{e}-\frac{b}{e}\,x\right)=\text{un maximum.}$$

ou

$$d\left(\tfrac{1}{3}bx^2\right)+d\left(ex-e^2+\frac{e^3}{3x}\right)\left(\frac{a}{e}-\frac{b}{e}\,x\right)$$
$$+\,d\left(\frac{a}{e}-\frac{b}{e}\,x\right)\left(e\,x-e^2+\frac{e^3}{3x}\right)=0$$

ou

$$\tfrac{2}{3}\,b\,x\,d\,x$$
$$+\left(e-\frac{e^3}{3\,x^2}\right)\left(\frac{a}{e}-\frac{b}{e}\,x\right)dx$$
$$-\frac{b}{e}\left(ex-e^2+\frac{e^3}{3x}\right)d\,x=0$$

ou

$$\tfrac{2}{3}\,bx+\left(e-\frac{e^3}{3\,x^2}\right)\left(\frac{a}{e}-\frac{b}{e}\,x\right)-\frac{b}{e}\left(ex-e^2+\frac{e^3}{3x}\right)=0$$

ou

$$\tfrac{2}{3}\,b\,x+a-b\,x-\frac{e^2a}{3\,x^2}+\frac{e^2b}{3\,x}-b\,x+b\,e-\frac{b\,e^2}{3\,x}=0$$

Réduisant chaque terme au dénominateur $3x^2$, et le supprimant, on obtient :

$$2\,bx^3+3\,ax^2-3\,bx^3-e^2a+be^2x-3\,bx^3+3\,ebx^2-be^2x=0$$

ou

$$-4\,bx^3+(3\,a+3eb)\,x^2-e^2a=0$$

ou

$$x^3-\frac{3\,(a+e\,b)\,x^2}{4\,b}=\frac{-e^2\,a}{4\,b}$$
$$x^3-\tfrac{3}{4}\left(\frac{a+e\,b}{b}\right)x^2=\frac{-e^2\,a}{4\,b}$$

D'où l'on peut déterminer x pour les valeurs données de a, b, e.

Ainsi, par exemple, prenons un rail dans lequel la côte centrale a 0,78 pouces, ou $b=0{,}78$, comme dans l'exemple (page 45) de mon premier Mémoire, et cherchons quel renflement il faut lui donner, et quelle est

la hauteur du rail pour produire le maximum de force.

Le rail ayant 4 pouces $\frac{1}{2}$ en dessous de l'axe neutre, et sa largeur $b = 0{,}78$, son aire est $0{,}78 \times 4\frac{1}{2} = 3{,}51 = a$; on demande de distribuer cette aire de manière à produire un rail de force maximum, la hauteur du renflement proposé étant de 1 pouce. Substituant $a = 3{,}51$, $b = 0{,}78$, $e = 1$, l'équation précédente devient :

$$x^3 - 4{,}11\, x = -1{,}12$$

d'où $x = 4{,}04$ hauteur de rail demandée.

Maintenant, $4{,}04 \times 0{,}78 = 3{,}15$, aire de la côte centrale :

$$a - bx = 3{,}51 - 3{,}15 = 0{,}36 = b'$$

ou $0{,}36 =$ l'aire du renflement inférieur; cette quantité est également sa largeur, puisque sa hauteur est 1.

Ainsi, le rail le plus fort de ce poids, et dont la largeur est 0,78, est celui dont la hauteur est 4,04 pouces, et dont la largeur du renflement inférieur y compris la côte centrale, est $0{,}78 + 0{,}36 = 1{,}14$ pouce.

On doit observer que dans cette solution, nous avons, afin de simplifier, négligé la force ou résistance de la tête, quantité fort petite; nous n'avons point, non plus, rapporté la résistance au centre de compression; mais il est évident que, quand la force est un maximum, prise par rapport à l'axe neutre, elle doit l'être aussi lorsqu'elle est rapportée au centre de compression, ou à très peu près.

FORCE DU RAIL CI-DESSUS.

Soit : Hauteur totale, $4{,}54 = hs$,

$$ns = 4{,}04$$

$$pq = 0{,}78$$

Tête. . $\left\{\begin{array}{l}(2 - 0{,}78) \times 10 = 12{,}2 \\ (4{,}54 - \frac{1}{2}) \times 12 = 48{,}48\end{array}\right\} = \frac{12{,}2}{48{,}48} = 0{,}25$

Côte du milieu, $\dfrac{4{,}54 \times 4{,}04 \times 0{,}78 \times 10}{3} = 47{,}69$

Renflement inférieur. $\left\{\begin{array}{lr}(4{,}54 - 1) \times 0{,}36 \times 10 & = 12{,}7 \\ 12\,(4{,}54 - 1)^2 + 6 \times 3{,}54 & = 171{,}6 \\ 171{,}6 - (2 \times 3{,}54) + 1 & = 165{,}6 \\ 171{,}6 : 165{,}6 :: 12{,}7 : & = 12{,}25\end{array}\right.$

$$60{,}19$$

$$4$$

$$240{,}76$$

$\dfrac{240{,}76}{33} = 7{,}3$ tonnes environ.

Si nous prenons la même superficie 3,51 avec le renflement de 1 pouce de hauteur, et la côte de 0,06 d'épaisseur, l'équation générale devient :

$$x^3 - 5{,}137\, x^2 = - 1{,}46.$$

équation qui donne à peu près $x = 5$.

Ainsi, la hauteur adoptée dans l'exemple 3 (page 46) de mon premier Mémoire, est pour l'épaisseur de 0,6 de pouce, le rail de force maximum.

CHAPITRE IV.

APPENDICE

CONTENANT

LES EXPÉRIENCES MENTIONNÉES ET NON INSÉRÉES DANS LE RAPPORT PRÉCÉDENT.

Expériences faites à Woolwich, pour obtenir la force et la raideur du rail parallèle à double renflement, destiné au rail-way de North-Union.

Poids par yard, 62 lbs.; — aire de la section, 6 pouces; — hauteur, 4 pouces $\frac{1}{2}$.

RÉSULTATS OBTENUS DE TROIS EXPÉRIENCES DIFFÉRENTES.

Poids	Flèches suivant l'index.	Flèches par chaque tonne.	Poids	Flèches suivant l'index.	Flèches par chaque tonne.	Poids	Flèches suivant l'index.	Flèches par chaque tonne.
1	0,028		1	0,035		1	0,009	
2	0,031	0,003	2	0,039	0,004	2	0,016	0,007
3	0,036	0,005	3	0,044	0,005	3	0,020	0,004
4	0,038	0,002	4	0,048	0,004	4	0,029	0,009
5	0,043	0,005	5	0,054	0,006	5	0,033	0,004
6	0,046	0,003	6	0,059	0,005	6	0,034	0,001
7	0,050	0,004	7	0,064	0,005	7	0,038	0,004
8	0,055	0,005	8	0,069	0,005	8	0,042	0,004
9	0,060	0,005	9	0,076	0,007	9	0,046	0,004
10	0,066	0,006	10	0,082	0,006	10	0,050	0,004
11	0,074	0,008	11	0,086	0,004	11	0,055	0,005
12	0,084	0,010	12	0,096	0,010	12	0,066	0,011
Flèche moyenne avec 11 tonnes.		0,051	*Idem*	.....	0,055	*Idem*	.....	0,051
1	0,027		1	0,021		1	0,018	
2	0,031	0,004	2	0,026	0,005	2	0,024	0,006
3	0,036	0,005	3	0,031	0,005	3	0,028	0,004
4	0,039	0,003	4	0,036	0,005	4	0,033	0,005
5	0,044	0,005	5	0,041	0,005	5	0,037	0,004
6	0,048	0,004	6	0,044	0,003	6	0,040	0,003
7	0,052	0,004	7	0,048	0,004	7	0,044	0,004
8	0,057	0,005	8	0,053	0,005	8	0,048	0,004
9	0,063	0,006	9	0,059	0,006	9	0,053	0,005
10	0,070	0,007	10	0,064	0,005	10	0,059	0,006
11	0,077	0,027	11	0,071	0,007	11	0,067	0,008
12	0,087	0,010	12	0,081	0,010	12	0,077	0,010
Flèche moyenne avec 11 tonnes.		0,053	*Idem*	.....	0,055	*Idem*	.....	0,054

***Flèche moyenne d'après les calculs*, 0,055.**

Expériences faites au chemin de Liverpool à Manchester, sur la flexion de différents rails et dés, et dont les résultats ont été mentionnés dans le deuxième Mémoire.

RAIL ONDULÉ DE DUBLIN A KINGSTON.

Poids, 45 lbs. par yard, avec une table inférieure; — distance des portées, 3 pieds; — hauteur, 3 $\frac{3}{8}$ pouces. Ce rail est fixé par des clés verticales.

MACHINE *SWIFTSURE*.

	Flèches en parties de pouce.						Moyennes
Portée près le joint.	0,120	0,120	0,105	0,167*	0,177*	0,105	0,114
	0,120	0,084	0,098	0,090	0,080	0,098	
Portée intermédiaire.	0,125	0,110	0,130	0,130	0,056*	0,130*	0,120
	0,110	0,103	0,108	0,112	0,120	0,108	

Les flèches marquées d'un astérisque, sont des exemples remarquables de l'effet des secousses de la locomotive et des voitures. Ainsi que nous l'avons dit dans notre Mémoire, les flèches sont, dans ce cas, à peu près doubles des flèches les plus petites et les plus naturelles.

Dans les expériences ci-dessus, les dés furent sondés et trouvés solides; les attaches parurent aussi avoir été assurées au moment de faire les expériences; mais, en général, les clés verticales employées pour ce rail, demandent, selon le rapport des ouvriers, une attention continuelle.

RAIL ONDULÉ DE M. STEPHENSON.

Poids, 43 $\frac{1}{2}$ lbs. par yard ; — longueur des portées, 3 pieds; — clés en fer sur le côté; — grande hauteur, 4 $\frac{1}{2}$; — petite hauteur, 3 $\frac{1}{4}$.

LOCOMOTIVE *SWIFTSURE*.

	Flèches.				
1. Portée près le joint . .	0,032	0,040	0,038	0,027	0,045
2. Id. . .	0,070	0,170	0,068	0,130	0,077
3. Portée intermédiaire .	0,125	0,130	0,130	0,170	0,093
4. Portée près le joint . .	0,030	0,025	0,030	0,028	0,056

Les dés des nos 2 et 3 n'étaient point solides.

La moyenne des autres flèches est 0,034, mais nous n'avons aucune expérience à leur comparer.

Mêmes expériences répétées sur quatre autres rails; les vitesses n'ont pas été enregistrées.

Portée près le joint,	0,105	0,135	0,100	0,150	
Id.	0,035	0,050	0,047	0,033	moyenne : 0,062
Id.	0,075	0,075	0,070	0,085	
Id.	0,065	0,060	0,070	0,060	

La grande différence que présentent les moyennes dans ces deux expériences, est vraiment remarquable. Il ne m'est pas possible d'en expliquer la cause.

RAIL SUR LA LIGNE DE SAINTE-HÉLÈNE.

Forme parallèle, avec renflement inférieur; — poids, 43 lbs. par yard; — longueur de portée, 3 pieds.

LOCOMOTIVE *SWIFTSURE*.

	Flèches.			
Portée près le joint.	0,110	0,092	0,115	0,095
Id. intermédiaire. . . .	0,060	0,075	0,100	0,068
Id. près le joint	0,070	0,080	0,148	0,135
Id. intermédiaire. . . .	0,082	0,045	0,063	0,045
Flèche moyenne des portées près le joint.				0,105
Id. des portées intermédiaires.				0,067

NOUVEAU RAIL DE M. BOOTH.

Forme parallèle, avec renflements égaux aux deux extrémités; — poids, 60 lbs. par yard; — hauteur, 4 pouces; — distance des portées, 3 pieds.

LOCOMOTIVE *SWIFTSURE*.

	Flèches.		
Portée intermédiaire . .	0,066	0,062	0,066
Id. près le joint. . .	0,038	0,084	0,050
Id. id. . . .	0,100	0,042	0,144 *secousse.*
Id. intermédiaire . .	0,040	0,052	0,044

Les déflectomètres furent retirés des deux portées près les joints, et placés sous d'autres; on conserva ceux mis sous les deux portées intermédiaires.

Portée intermédiaire	0,052	0,064	0,064
Nouvelle portée près le joint . . .	0,048	0,064	0,042
Id. id. . . .	0,074	0,082	0,050
Portée intermédiaire	0,056	0,060	0,054
Moyenne des quatre portées intermédiaires.			0,056

EXPÉRIENCES SUR L'AFFAISSEMENT DES DÉS DU RAIL DE M. BOOTH.

LOCOMOTIVE *SWIFTSURE.*

1er dé supposé non ferme. .	0,018	0,028	0,018	0,023
2me id. id. . .	0,036	0,040	0,036	0,032
3me id. id. . .	0,022	0,013	0,014	0,011
4me id. id. . .	0,024	0,020	0,027	0,023

La moyenne du premier et des deux derniers, qui paraissent avoir été fermes, donnent l'affaissement de 0,020.

Il résulte des expériences sur le rail-way de grande jonction, expériences relatées dans notre Mémoire, que l'affaissement était :

A 3 pieds 9 pouces de portée, de. 0,021
A 5 pieds id. de. 0,019
Et au rail de M. Booth, avec 3 pieds de portée, de 0,020

D'où il faut conclure que l'affaissement d'un dé ayant une base bien consolidée, dépend peu de la longueur de la portée ou de la quantité de flexion.

RAIL PARALLÈLE, SIMPLE T. — PLAN DE HUYTON.

Poids, 50 lbs. par yard; — longueur de portée, 3 pieds; posé depuis dix mois; — hauteur, 3 $\frac{1}{2}$ pouces.

	Train de Vesta.	*Train de* Sampson.	
1re portée intermédiaire,	0,088	0,070	
2me id.	0,072	0,066	*Moyenne:* 0,067
3me id.	0,052	0,044	
4me id.	0,068	0,080	

LOCOMOTIVE *SWIFTSURE.*

	Lentement.	*Vitesse* 12 *m.*	*Vitesse* 15 *m.*	
1re portée intermédre,	0,064	0,084	0,082	
2me id.	0,065	0,080	0,082	*Moye* : 0,072
3me id.	0,048	0,060	0,060	
4me id.	0,072	0,080	0,086	

Moyenne générale 0,0693

SUR LE MARAIS DU CHAT.

RAIL ONDULÉ ET CHAIR DE M. R. STEPHENSON.

Poids, 44 lbs. par yard; — portée de 3 pieds sur des traverses en bois. Les quatre déflectomètres furent appliqués à deux dés (*), et à deux rails non adjacents; l'affaissement des rails et des dés fut observé comme ci-dessous :

LOCOMOTIVE *SWIFTSURE*.

	Flèches.				Moyenne.
1. Dé	0,058	0,060	0,060	0,060	0,059
2. Milieu du rail . .	0,176	0,178	0,200	0,198	0,188
3. Dé	0,030	0,028	0,040	0,032	0,032
4. Dé de joint. . .	0,152	0,160	0,160	0,170	0,160

EXPÉRIENCES RENOUVELÉES.

Les rails et les dés sont choisis de manière à avoir un rail entre les deux dés, et l'autre rail adjacent.

						Moyenne.
1. Dé.	0,018	0,018	0,018	0,022	0,023	0,019
2. Rail entre deux .	0,178	0,195	0,190	0,194	0,196	0,191
3. Dé.	0,050	0,056	0,060	0,056	0,060	0,056
4. Rail adjacent . .	0,136	0,124	0,154	0,130	0,124	0,134

Ces résultats, comme ceux donnés par les autres rails ondulés, présentent une grande irrégularité. Dans l'expérience ci-dessus, nous pouvons supposer qu'une

(*) L'auteur dit, en commençant cet article, que les portées étaient sur des traverses en bois (*bearing on wooden sleepers*), et plus loin il ne parle que de l'affaissement des dés (*disturbance on the blocks*). Les traverses ont-elles été remplacées par des dés? c'est ce que l'auteur ne dit pas. (*Observation du Traducteur*.)

grande partie de cette irrégularité doit être attribuée à la situation particulière de ces rails, puisque tout le chemin tremblait sous nos pieds au passage de la locomotive; néanmoins, on ne peut expliquer la grande différence que présente la flexion comparée à l'affaissement des dés, bien qu'une partie puisse être attribuée au mouvement de la pièce de rapport dans cette espèce de chair. Dans tous les cas, je pense que plusieurs flexions doivent être attribuées à la position des rails, qui sont, en cet endroit, beaucoup plus fatigués que s'ils étaient posés sur un terrain solide. Si de nouvelles observations venaient confirmer ce fait, il faudrait dorénavant avoir soin, dans des cas pareils, d'augmenter la force des rails, soit en agrandissant les dimensions fixées pour les autres parties de la ligne, ou, ce qui reviendrait au même, en conservant les dimensions des rails, et en diminuant la longueur des portées.

Les vitesses, dans les deux dernières séries d'expériences, ont varié de 15 à environ 20 milles par heure.

EXPÉRIENCES SUR LA FLEXION LATÉRALE,

Faites sur le chemin de fer de Wigan, le 10 septembre 1835,

PAR M. EDV. WOODS.

Les rails sont de forme parallèle; le poids est de 42 lbs. par yard; la longueur des portées est de 3 pieds.

1re Série. — Sur la courbe près la jonction avec le chemin de Liverpool à Manchester :

Courbe = 2 pieds 4 pouces par chaîne
= un rayon de 622 yards.

Le rail extérieur de la courbe est de 1 $\frac{3}{8}$ pouce plus haut que le rail intérieur, pour détruire la force centrifuge des trains.

Flexion latérale d'un rail extérieur, à 1 pied 6 pouces du support.

LOCOMOTIVE *L'EXPÉRIENCE.*

Nos	Flexion en pouces.	Vitesse.
1.	0,040.	10 milles par heure.
2.	0,024.	8 » »
3.	0,026.	8 » »
4.	0,022.	14 » »
5.	0,007.	10 » »

2me Série. — Autre rail sur le côté extérieur de la courbe, même machine, etc., comme précédemment.

Nos	Flèches en pouces.	Vitesse.	
1.	0,000.	13 milles par heure,	*Av.*
2.	0,018.	10 » »	*Ar.*
3.	0,000.	9 » »	*Av.*
4.	0,023.	9 » »	*Ar.*
5.	0,017.	11 » »	*Av.*
6.	0,060.	8 » »	*Ar.*
7.	0,031.	10 » »	*Av.*
8.	0,055.	9 » »	*Ar.*
9.	0,042.	12 » »	*Av.*
10.	0,086.	11 » »	*Ar.*

N. B. — Les lettres *Av* et *Ar* indiquent si la locomotive marchait en avant ou en arrière.

3me Série. — Sur un rail exactement opposé à celui de la 2me série, c'est-à-dire placé sur la ligne intérieure de la courbe.

Dans cette expérience et dans toutes les autres, la flexion fut mesurée en dehors du centre de la route.

Dans cette expérience, la flexion parut provenir seulement de l'action du pourtour conique des roues, qui agit comme un coin; en effet, un peu de peinture mise sur quelques yards du côté intérieur du rail, ne fut point enlevée, d'où il faut conclure que le boudin de la roue n'était pas venu en contact avec le rail.

LOCOMOTIVE *L'EXPÉRIENCE*.

Nos	Flèches en pouces.	Vitesse.			
1.	0,030.	8 milles par heure,			*Ar.*
2.	0,030.	9	»	»	*Av.*
3.	0,040.	9	»	»	*Ar.*
4.	0,040.	10	»	»	*Av.*
5.	0,030.	4	»	»	*Ar.*
6.	0,000.	2	»	»	*Av.*
7.	0,037.	3	»	»	*Ar.*
8.	0,002.	2	»	»	*Av.*
9.	0,033.	3	»	»	*Ar.*
10.	0,001.	2	»	»	*Av.*
11.	0,006.	6 (*Jupiter* avec un train de voitures)			

Les 4^me^ et 5^me^ séries sont données dans le rapport.

6^me^ Série. — Sur un rail de la ligne droite.

LOCOMOTIVE *L'EXPÉRIENCE*.

Nos	Flexions en pouces.	Vitesse.			
1.	0,010.	8 milles par heure,			*Ar.*
2.	0,010.	14	»	»	*Av.*
3.	0,010.	15	»	»	*Ar.*
4.	0,007.	10	»	»	*Av.*

7^me^ Série. — Autre rail près la même place.

Locomotive *l'Expérience;*— poids des roues motrices, 5 tonnes 15 cwt. 1 gr.

Nos	Flexions en pouces.	Vitesse.			
1.	0,032.	16 milles par heure,			*Ar.*
2.	0,032.	12	»	»	*Av.*
3.	0,020.	13	»	»	*Ar.*
4.	0,010.	5	»	»	*Av.*
5.	0,008.	4	»	»	*Ar.*
6.	0,010.	4	»	»	*Av.*
7.	0,046.	25	»	»	*Ar.*
8.	0,020.	18	»	»	*Av.*

Signé : EDWARD WOODS.

Nous allons donner le résultat des expériences faites par M. Edward Woods sur le rail de grande jonction, expériences dont nous avons parlé à la page 83 de notre Mémoire. En prenant la différence entre la flexion à 5, et celle à 10 tonnes, nous avons 0,027 qui, divisé par 5, donne 0,0054 pour la flexion moyenne par tonne, résultat à peu près conforme à la flexion que j'ai trouvée pour le même rail entier; mais il est de beaucoup inférieur à celui donné par les premières expériences de M. Locke. Il en résulterait que le rail indiquerait autant, ou même plus de force ou de raideur, dans ce cas que lorsqu'il est entier; mais j'ai déjà donné la raison probable de cette différence.

EXPÉRIENCES

SUR LA FLEXION D'UN RAIL DE GRANDE JONCTION.

Son poids est de 62 lbs.

La portée des supports sous la presse hydraulique, est de 3 pieds.

Ce rail fut pris sur la ligne nord du rail-way, dans la tranchée du Mont-Olive, où il avait déjà servi environ trois mois; il était alors supporté par des dés à l'intervalle de 5 pieds. Au milieu des deux portées (c'est-à-dire à 18 pouces de chaque support), une partie du renflement inférieur fut enlevée au ciseau sur une longueur de 1 pouce $\frac{1}{2}$, de manière à réduire exactement à 1 pouce $\frac{1}{2}$ son épaisseur ou largeur perpendiculaire à la longueur du rail. Soumis en cet état à l'action de la presse, ce rail a donné les résultats suivants :

Pression en tonnes.	Flexion en pouces.	Observations.
5.	0,015.	
7.	0,028.	
8.	0,030.	
9.	0,035.	*Placé en permanence.*
10.	0,042.	0,000 pouces.
11.	0,051.	0,002 »
12.	0,066.	0,015 »
13.	0,083.	0,036 »

Signé : EDWARD WOODS.

Nota. — Dans les pressions indiquées, 1 tonne = 2,240 lbs.

DÉFLECTOMÈTRE PERFECTIONNÉ.

Le premier déflectomètre présentait l'inconvénient d'avoir son indicateur trop près de terre, et de rendre par conséquent les observations fort incommodes à prendre. Cet inconvénient a disparu dans l'instrument fait par M. W. Gilbert, 148, Leadenhall street. L'indicateur consiste en un vernier *(fig. XXXI, pl. 1)* en arc, et placé à une certaine hauteur; les résultats peuvent, en conséquence, y être lus avec la plus grande aisance. La colonne verticale sur laquelle l'arc est fixé, est un tube en cuivre, qui s'ajuste sur une cheville également en cuivre, assujettie au plateau qui forme la base. On peut, par conséquent, démonter facilement tout l'instrument et l'emballer pour le transporter.

Woolwich, 29 octobre 1835.

LIVRE II.

DESCRIPTION

DES

DIFFÉRENTES ESPÈCES DE RAILS

EMPLOYÉS JUSQU'À PRÉSENT,

et

RECHERCHES

SUR LA RÉSISTANCE DES RAILS

ET SUR LA FORME LA PLUS CONVENABLE À LEUR DONNER,

par

NICOLAS WOODS.

CHAPITRE PREMIER.

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE RAILS, ET DES PERFECTIONNEMENTS SUCCESSIVEMENT APPORTÉS DANS LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER.

§ I. — RAILS EN BOIS.

Les premiers rails employés en Angleterre étaient en bois; les fig. I et II, pl. 2, représentent le plan et l'élévation d'un railway en bois, tel qu'on les construisait dans les premiers temps; on les nommait alors *chemins à simple rail.*

aa, aa sont les rails; ils avaient environ 4 pouces carrés, et étaient fixés suivant deux lignes parallèles, sur des pièces transversales, *bb*, *bb*, au moyen de chevilles en bois *cc;* ces chevilles étaient enfoncées dans des trous percés de part en part dans le rail, et qui pénétraient jusqu'au milieu des traverses.

En général, les rails avaient 6 pieds de long; les traverses étaient placées à 2 pieds de distance. Les extrémités de deux rails contigus se trouvaient sur la même traverse comme en *c'c';* et deux chevilles enfoncées dans cette traverse, servaient à la fois à fixer les rails, et à les

empêcher de s'écarter l'un de l'autre. La surface du chemin étant mise à un niveau à peu près uniforme, ou à une pente praticable, on plaçait les rails, puis on remblayait la route jusqu'à la hauteur de la surface supérieure des traverses.

Afin d'assurer le libre passage des roues sur les rails, on ne pouvait mettre sur les traverses qu'une faible couche de matériaux ; les pieds des chevaux ne tardaient pas à la détruire, et alors ils portaient sur les traverses mêmes. En outre, la nécessité de placer fréquemment de nouvelles chevilles dans la même partie des traverses, contribuait beaucoup à mettre promptement ces pièces hors de service. Ces inconvénients déterminèrent l'adoption du système appelé *chemin à double rail,* et dont le plan et l'élévation sont représentés par les fig. III et IV, pl. 2.

Les rails inférieurs *aa* sont fixés sur des traverses comme dans les chemins à rails simples; les rails supérieurs *a' a'* sont placés sur les premiers auxquels ils sont solidement fixés par des chevilles en bois, semblables à celles employées pour arrêter le rail inférieur sur les traverses. Dans le chemin à rails simples, les points de jonction doivent nécessairement se trouver sur les pièces transversales; il en est de même pour les rails inférieurs, dans le chemin à rails doubles. Quant aux rails supérieurs, leur jonction peut être établie en un point quelconque.

Ainsi, dans la fig. III, le joint *c'' c''* du rail supérieur, correspond au milieu de la distance de deux traverses, mais il pourrait être placé partout ailleurs ; par conséquent, le rail inférieur se trouve préservé de la destruction qu'occasionnerait la pose souvent renouvelée

des chevilles en bois, mises au même endroit, comme cela a lieu dans le chemin à simples rails.

Dans l'un et l'autre systèmes, on employait pour former les traverses, de jeunes arbres ou de fortes branches de chêne, provenant de l'élagage des plantations.

Ces pièces avaient 6 pieds de long, sur 5 à 6 pouces d'équarrissage.

Dans le principe, les rails inférieurs étaient en général en bois de chêne; mais plus tard, on préféra employer le sapin. Ils avaient ordinairement 6 pieds de longueur, et reposaient sur quatre traverses écartées les unes des autres de 2 pieds, et ayant chacune environ 5 pouces de largeur, sur 4 à 5 pouces d'épaisseur; le rail supérieur était généralement en hêtre ou en sycomore, et il avait les mêmes dimensions que le rail inférieur.

La surface du terrain étant disposée suivant la pente générale que devait avoir le chemin, on y creusait une fosse d'environ 6 à 7 pieds de largeur, dans laquelle on posait les traverses, à la distance de 2 pieds les unes des autres. Puis, ayant fixé le rail inférieur sur les traverses, on remblayait la fosse, en ayant soin de damer fortement le sol le long du rail, afin de le rendre plus rigide; l'on plaçait alors le rail supérieur, et on le reliait au rail inférieur au moyen de chevilles en bois.

Cette disposition était évidemment préférable à celle du chemin à rails simples; car, indépendamment de la prompte destruction du bois, par suite des trous à percer pour placer les chevilles, les traverses étaient rapidement mises hors de service par les pieds des chevaux employés à la traction.

Les chemins en bois ont été employés en Angleterre, jusqu'au moment où l'on a commencé à établir des rail-

ways avec rails en métal. Ils servaient ordinairement au transport des charbons, dans les mines du nord. Aussitôt qu'on eut fait usage de quelques rails en fer, on reconnut leur supériorité sous le rapport de la durée et de la quantité de transports qu'ils permettaient d'effectuer, et dès-lors on les préféra aux rails en bois qui depuis furent entièrement abandonnés.

Comme nous l'avons dit précédemment, sur quelques chemins de mines, où les transports étaient considérables, on faisait passer les roues des charriots sur une bande de fer placée sur le rail en bois; cette bande avait en général 2 pouces de largeur, et un demi-pouce d'épaisseur; elle était maintenue au rail au moyen de clous dont la tête était encastrée dans la bande.

Cette disposition doit être considérée, non comme un nouveau système de railway, mais comme un perfectionnement, ayant pour but de répartir la pression sur une plus grande longueur de rails, dans les parties où les tassements étaient fréquents; ainsi, il n'existe aucune ligne construite en entier avec ces bandes de fer supplémentaires. Nous ferons, du reste, observer que ces bandes présentant une surface unie et dure, tendaient à diminuer la résistance à la traction; mais leur épaisseur étant beaucoup trop faible, elles ne tardaient pas à se courber sous le poids des convois, et dès-lors, la diminution de résistance devenait très minime, bien que le chemin fût à doubles rails.

Aux Etats-Unis d'Amérique, le fer étant à un prix très élevé, tandis que le bois de charpente est au contraire abondant et à bon marché, on est très disposé à adopter le système de railway en bois dont nous venons de parler et nous avons en effet remarqué qu'un grand nombre de

railways de ce pays sont faits en bois recouvert de lames de fer (*). L'abondance et le bas prix du bois ont mis les Américains à même de perfectionner beaucoup ce genre de chemin. Ainsi, les traverses sont généralement en chêne blanc; elles ont de 8 à 10 pouces de largeur et 10 pouces d'épaisseur. Les rails en bois reposent sur une couche de graviers ou de pierres cassées, posée dans deux tranchées pratiquées sur toute la longueur du chemin; il en est de même pour les traverses. Cette espèce de fondation pour les rails et les traverses, présente les deux avantages suivants : elle garantit le bois de l'humidité en procurant un facile écoulement aux eaux pluviales; de plus, le gravier ou les pierres concassées étant étendues d'une manière régulière sur un sol préalablement nivelé, ils présentent aux pièces de charpente un point d'appui très résistant. Les rails ont 5 à 6 pouces de largeur sur 7 à 10 pouces d'épaisseur; ils ne sont pas toujours fixés aux traverses par des chevilles en bois. La surface extérieure des rails est verticale; celle de l'intérieur est inclinée de manière à donner à la base une plus grande largeur qu'à la surface supérieure. On pratique sur les traverses une entaille dans laquelle entrent en partie les rails, qui s'y trouvent maintenus par un coin en bois placé à l'extérieur.

Cette disposition a été adoptée en Pensylvanie, partie de l'Amérique où les railways en bois furent employés pour la première fois. M. Moncure Robinson a adopté le système suivant : les traverses sont placées assez avant dans la terre pour être à l'abri de l'action

(*) On trouvera dans la note B, § IV, des détails sur les chemins de fer construits aux Etats-Unis. (*Note du traducteur*.)

de l'air et des pieds des chevaux. On fixe sur elles des blocs carrés de bois dur, au moyen de fortes chevilles en bois; puis, sur ces blocs, on fait reposer les rails au moyen d'entailles et de coins, comme nous l'avons expliqué précédemment. Dans quelques parties, on a employé pour supporter les rails, des blocs détachés ayant deux pieds carrés, et formés de bois de chêne.

Les barres de fer placées sur les rails en bois, ont en général de 2 pouces à 2 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur, sur une épaisseur de $\frac{1}{2}$ à $\frac{5}{8}$ de pouce; leurs extrémités sont coupées obliquement, afin d'éviter les altérations que produiraient les roues sur un joint à angle droit. Ces barres sont maintenues sur les rails, au moyen de chevilles en fer, espacées de 18 pouces, et ayant ordinairement 4 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur. Dans quelques parties de ce chemin, on a placé une petite feuille de zinc sous les extrémités des bandes de fer, pour les empêcher de pénétrer dans le bois.

---

§ II. — DES RAILS PLATS EN FONTE.

Les premiers rails en fonte furent employés vers l'année 1767. Les fig. V, VI et VII, pl. 2, représentent ceux placés par M. Curr, dans les galeries souterraines des houillères du duc de Norfolk, près Sheffield, en 1776; on leur donna le nom de rails plats. Ils consistaient en une barre plate de fonte, *ce*, ayant un rebord vertical, *cd*, destiné à maintenir les roues sur les rails. En général, ils avaient 6 pieds de longueur, et l'on don-

nait environ 2 pouces à la partie plate et au rebord. Près de l'extrémité de chaque rail, étaient placés deux petits trous à travers lesquels on enfonçait des clous ou des chevilles en bois, *b' b'*, dans la pièce de bois formant support.

Comme l'indiquent les fig. V et VI, pl. 2, ces rails, à leur point de jonction, sont simplement juxtà-posés et maintenus sur la traverse par deux chevilles *b' b'*; une troisième cheville, *b*, les fixe sur les traverses intermédiaires.

Ces rails furent employés de différentes manières; les uns étaient placés sur des traverses en bois occupant toute la largeur de la route; d'autres étaient fixés sur des supports à base carrée, comme l'indiquent les fig. V, VI et VII, pl. 2.

Nous avons entendu dire que M. Benjamin Outram, ingénieur, est le premier qui, en adoptant cette espèce de rails en 1800, sur le railway de Little-Eton, dans le Derbyshire, ait remplacé les supports en bois par des dés en pierre. M. Outram n'est cependant pas le premier qui ait fait usage de ce mode de supports; car M. Barns l'employa en 1797, sur le premier chemin de fer construit dans les environs de Newcastle-sur-Tyne, c'est-à-dire de la houillère de Lawson-Main à la rivière.

Cette espèce de rail a subi diverses modifications depuis son origine. La fig. VIII, pl. 2, représente l'élévation et le plan, et la fig. X la coupe du rail tel qu'il a été perfectionné; *c*, *c*, *c*, *c* sont les rails placés sur des supports en pierre. Chacun d'eux présente à son extrémité, une entaille qui, en se réunissant à celle du rail contigu, présente la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire renversé. On taille, sur le sommet du dé,

une rainure parfaitement horizontale, dans laquelle on fait entrer le rail. On perce dans le dé une ouverture plus grande que celle des rails, et on y introduit un morceau de bois *g* (fig. VIII) ; puis l'on enfonce la cheville en fer *b*, dont la tête taillée d'équerre, se logeant dans l'ouverture ménagée à la fois dans les deux rails, comme l'indique la figure, fixe chacun des rails au dé.

Ces rails ont en général 4 pieds de longueur.

ad (fig. X) est la base du rail ; c'est la partie sur laquelle porte la roue ; elle a environ 4 pouces de largeur et 1 pouce d'épaisseur ; elle est parfaitement de niveau ; *de* représente le rebord destiné à maintenir les roues sur l'ornière *ad;* le rebord inférieur *af* est destiné à augmenter la force du rail.

Le rebord supérieur conserve la même hauteur sur toute la longueur du rail ; cette hauteur augmentant le frottement des roues, on l'a réduite à la quantité nécessaire pour maintenir les roues sur les rails ; en général elle n'excède pas 3 pouces.

En réduisant ainsi la hauteur du rebord supérieur, on diminue la force du rail, puisque la résistance à la fracture est proportionnelle à la largeur, et au carré de la hauteur. La partie horizontale *ad* augmente le poids et le prix du rail, et se trouve loin de contribuer autant à la force du rail que le rebord supérieur. La hauteur de cette partie importante étant limitée, on a ajouté au rail le rebord inférieur *af,* dont la forme est indiquée par la fig. VIII. Elle est disposée de manière à assurer à tous les points du rail une résistance égale ; ainsi, elle est plus haute au milieu *f*, et va en diminuant vers les extrémités, de manière à présenter le contour d'une demi-ellipse, ou d'une parabole.

La forme que nous venons de décrire est, sauf de très légères modifications, celle des rails plats les plus modernes. Ils étaient, tout récemment encore, construits en fonte; mais vers l'année 1824, on commença à employer le fer malléable, et maintenant presque tous les rails de ce genre, employés dans les houillères du nord de l'Angleterre, sont faits en fer, et laminés suivant la forme du rail *(fig. V)*. Ils sont en général posés soit sur des traverses en bois, soit sur des dés en pierre; quelques-uns ont été fixés sur des pièces en fonte traversant la voie. Ce système est représenté en plan et en élévation par la fig. XI, pl. 2.

a, *a* est la base de la traverse en fonte; en *cc*, on a ménagé une rainure longitudinale, dans laquelle entre le rail qui s'y trouve maintenu par un coin placé entre le rail et le rebord *b*. Ce système a été peu employé, par suite du prix élevé de la traverse en fonte.

La principale objection faite aux rails plats, est le frottement des roues contre le rebord supérieur, et la faculté donnée à la boue et à la poussière de s'accumuler sur la partie où doivent passer les roues.

---

§ III. — RAILS SAILLANTS EN FONTE.

Peu de temps après l'adoption des rails en fonte, on fit usage du système nommé rails saillants *(edge-rails)*.

En 1789, M. Jessop les employa sur le chemin de fer de Loughborough; leur surface supérieure n'avait point de rebord, et la partie inférieure avait la forme elliptique. Comme ces rails ne présentaient aucun moyen de

retenir les roues, on forma, autour des jantes, un rebord qui servit à maintenir les roues sur la surface supérieure des rails, comme cela avait lieu lorsqu'on faisait usage de rails en bois, dont la surface était convexe.

La fig. I, pl. 3, représente A l'élévation, et B la section d'un rail saillant; ce rail consiste en une barre de fonte de 3 à 4 pieds de longueur sur $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de pouce d'épaisseur. La partie destinée à supporter la roue avait une largeur de 2 à 2 pouces $\frac{1}{2}$.

Dans l'origine, on n'employait pas de coussinets pour fixer ces rails sur les dés ou sur les traverses en bois; ils portaient à chacune de leurs extrémités, deux petites saillies latérales que l'on fixait sur les supports au moyen de chevilles en fer ou en bois.

Il est évident que cette forme de rails présente le maximum de force avec le moins de matière.

Le métal étant employé en hauteur, offre la section la plus résistante à l'effort des voitures; la première forme de ces rails était à peu près un parallélogramme.

Les figures I et II, planche 3, représentent la section de la forme actuellement employée. La largeur de la surface supérieure *a* est d'environ 2 pouces $\frac{1}{2}$; cette quantité est réduite graduellement de $\frac{3}{4}$ de pouce à $\frac{1}{2}$ pouce pour la partie verticale. Cette forme fut long-temps employée; elle subit ensuite diverses modifications dans la partie inférieure, comme l'indiquent en *cb* les figures I et II. Le rail conserve la même épaisseur sur toute sa longueur; quant à sa hauteur, elle varie suivant la distance des points d'appui. Le rail présente par conséquent la même résistance, quel que soit le point où ait lieu l'effort produit par les roues des voitures.

La forme des chairs est indiquée par les figures des planches 2 et 3, et principalement par la coupe représentée par la fig. IV, pl. 3; ils consistent en une plate-forme *a a*, ayant généralement 4 pouces sur 7, et une épaisseur de $\frac{3}{4}$ de pouce; la surface supérieure sur laquelle repose le rail est plane et horizontale; les rebords *rr*, *rr* sont placés de manière à ne laisser entre eux que l'espace strictement nécessaire pour recevoir les extrémités des deux rails consécutifs; ceux-ci sont fixés au moyen de chevilles en fer qui traversent des trous correspondants percés dans les rebords du chair et dans les extrémités des rails. Les chevillles empêchent les rails de se séparer, et les deux rebords du chair s'opposent à tout déplacement latéral.

Les chairs sont placés soit sur des dés en pierre, soit sur des pièces de bois carrées, fortement assujetties dans le sol. Les dés ont généralement 16 à 20 pouces de côtés et 8 pouces d'épaisseur; mais, sur le chemin de Liverpool à Manchester, et sur tous les nouveaux chemins, on leur a donné 24 pouces de côté et 12 pouces d'épaisseur. Quant aux supports en bois, on leur donne de 2 à 3 pieds de long sur 10 pouces de largeur, et de 4 à 8 pouces d'épaisseur. Dans les chemins de houillères, on les fait souvent avec des planches de chêne provenant de la démolition de vieux navires; quelquefois, ils règnent sur toute la largeur de la voie, comme dans les anciens chemins à rails en bois.

Les chairs étaient fixés aux supports, au moyen de chevilles en chêne enfoncées dans des trous pratiqués à la fois dans le chair et dans le support. Il y avait deux chevilles pour chaque chair; leur tête ayant la forme d'un coin, et le bois étant parfaitement sec avant d'être

mis en place, le chair se trouvait solidement fixé au support.

Tels furent, pendant plusieurs années, la forme du rail et le système de chairs employés sur les railways particuliers des environs de Newcastle. Cependant, lorsque l'utilité des chemins de fer fut plus connue, et que l'on eut essayé de les employer comme moyen de transports publics, on s'occupa des défectuosités reconnues sur les chemins particuliers, et pour y remédier, on proposa divers perfectionnements. Nous allons les examiner successivement.

Pour qu'un chemin de fer soit dans de bonnes conditions, il faut que la surface supérieure des rails puisse toujours conserver son parallélisme avec le plan général du chemin; alors les rails forment une ligne continue et parfaitement unie, et si les extrémités des rails sont bien disposées et les joints faits convenablement, la solution de continuité sera à peine visible, et les roues des voitures n'éprouveront dans leur mouvement aucune secousse; le frottement ou résistance sera dès-lors très faible. Pour obtenir un chemin aussi parfait, et pour le maintenir dans cet état, il faut que la surface du sol sur laquelle reposent les supports, soit, dans le sens de la longueur, parfaitement parallèle avec la ligne générale du chemin, et que, dans le sens transversal, elle soit bien horizontale. Il est également indispensable qu'elle présente assez de résistance pour que les supports ne puissent s'y enfoncer, et détruire ainsi le parallélisme des rails. Les supports doivent avoir à peu de chose près les mêmes dimensions, et il importe beaucoup que les chairs soient fixés au centre des supports. En prenant de telles précautions, et en faisant en sorte que

les rails soient bien fixés, et que l'action des voitures ne détruise pas leur parallélisme, on aura un chemin aussi parfait que possible.

Cependant on trouve dans la pratique qu'il est extrêmement difficile, si ce n'est impossible, de donner à la surface du terrain un degré de résistance assez uniforme pour qu'il ne cède pas en partie sous la pression des voitures, et permette aux supports de se déranger et par conséquent de détruire le parallélisme général. Les chairs étant fixés aux supports, ils partagent leur déplacement et obligent dès-lors les rails à former une surface ondulée. Pour remédier à cet inconvénient, on a cherché à modifier le système de fixer le rail au chair, de manière à conserver le parallélisme des rails, lorsque les supports viennent à éprouver une dépression.

Nous avons dit plus haut que, dans l'origine, les rails étaient maintenus aux chairs au moyen de deux chevilles traversant les deux rebords de chaque chair et passant dans des trous pratiqués aux extrémités des rails. Dans les chairs, les deux trous sont placés sur une même ligne parallèle à la surface sur laquelle reposent les deux rails; et dans les rails, les trous correspondants sont faits à égale distance de la surface de roulage; ils sont par conséquent parallèles à ceux du chair. Il résulte de cette disposition, que les rails reposent ou sur la base du chair, ou sur les chevilles. Lorsque les chevilles ont du jeu, c'est-à-dire lorsquelles ne remplissent pas parfaitement les trous, les rails reposent sur la base du chair, et si, au contraire, les chevilles sont fortement serrées dans les trous des rails, elles supportent alors les rails. Dans l'un et l'autre cas, le parallélisme de la surface des rails dépendra de celui de la base des chairs avec le plan général du chemin.

Si la surface du sol, sur laquelle reposent les supports, ne présente pas partout la même solidité, ou si le chair n'est pas placé exactement au centre du support et parallèlement à sa base, les voitures, en passant sur les rails, déplaceront les supports et leur feront prendre la position indiquée pour les dés c', c', sur la fig. 1, pl. 3. Il en résultera nécessairement l'abaissement d'un des côtés de la base du chair, ainsi que de l'une des chevilles; par conséquent, le rail qui est fixé se trouvera entraîné au-dessous du rail voisin, comme l'indique la même figure en d'. Ce dérangement des rails aura lieu chaque fois que les supports ne seront pas sur une même ligne correspondant à celle du chemin, et il sera proportionnel à l'angle que ces deux lignes formeront entre elles.

On ne s'étonnera pas que de tels déplacements soient fréquents, si on remarque combien la nature du sol présente d'obstacles, et combien il est difficile d'avoir des supports de forme convenable, et d'obtenir que les ouvriers placent le chair précisément au centre du dé. Aussi trouve-t-on dans la pratique, qu'il est presque impossible de maintenir les rails dans leur position primitive, par suite de la facilité avec laquelle les supports s'enfoncent dans le sol et entraînent avec eux l'extrémité des rails qui se trouvent alors ne plus avoir la même hauteur; souvent ces dérangements sont assez forts pour produire l'effet représenté par la fig. 1, pl. 3.

Il est sans doute inutile de faire ressortir les graves inconvénients de ces dérangements; il est, en effet, évident qu'ils déterminent des chocs nuisibles aux voitures, ainsi qu'à la traction et aux rails eux-mêmes; aussi a-t-on promptement senti la nécessité de faire disparaître

une aussi grave imperfection; dans ce but on a proposé plusieurs systèmes de rails et de coussinets.

En 1816, MM. William Losh de Wallsend et George Stephenson de Killingworth, obtinrent un brevet pour un modèle de rail et de chair, représenté par la fig. 2, pl. 3. Les chairs sont placés sur des supports en pierre semblables à ceux employés jusqu'alors. Les rails sont assemblés à moitié d'épaisseur, comme l'indique la fig. B, en *e*, *e*. Les extrémités de la surface supérieure sont coupées en traits de Jupiter simples, sur une longueur d'environ 2 pouces $\frac{1}{2}$, de manière que quand les deux rails sont placés, leur surface supérieure présente au point de jonction, la même largeur que dans ses autres parties. Les deux rails sont maintenus dans le chair par une seule cheville en fer qui passe au milieu du joint des rails et traverse en même temps les deux rebords du chair; *d*, *d* représente le plan du chair; 1, 2 l'étendue du joint des rails; *g* la cheville en fer. Les rails reposent dans le chair sur une surface convexe indiquée par la ligne ponctuée *i*; la surface des rails est, en cet endroit, parfaitement plane et parallèle à la surface supérieure; elle est représentée par la ligne ponctuée *h*; les rails reposent ainsi sur le sommet de la base convexe du chair.

Le brevet donne, sur ce système, les détails suivants:

« Nous avons eu pour but, 1° de fixer les deux extrémités des rails dans les chairs qui les supportent; 2° de les disposer de manière que les extrémités de deux rails contigus ne puissent s'élever l'une au-dessus de l'autre; 3° de fixer les rails sur les dés ou supports, de telle sorte que, si les dés venaient à dévier de leur position verticale, comme cela arrive souvent dans les autres

systèmes, l'assemblage des rails ne puisse éprouver aucune variation, et qu'ils reposent sur les dés aussi solidement qu'avant. A leurs extrémités, les rails sont appliqués l'un contre l'autre au moyen du système appelé à *mi-joint*; ils sont maintenus l'un et l'autre au chair, au moyen d'une cheville en fer qui remplit exactement un trou percé à travers le joint des rails et les rebords saillants du chair; ce trou est placé à la hauteur nécessaire pour que les rails portent sur le fond du chair, qui présente en cet endroit une surface convexe. Ainsi, l'extrémité d'un rail ne peut s'élever au-dessus de celle du rail contigu; et en outre, le chair peut se mouvoir autour de la cheville dans la direction du chemin, et les rails resteront sur la surface courbe du chair sans être dérangés. »

Ce système d'assembler les rails était évidemment un grand perfectionnement; il fut adopté sur plusieurs lignes; il fit presque entièrement disparaître les secousses auxquelles les voitures étaient exposées dans l'ancien système. Avec les secousses, disparurent les chances de rupture pour les rails.

Les deux systèmes présentent à la circulation des voitures une différence très sensible; dans l'un, on marche sans éprouver le moindre cahot, tandis que dans l'autre, on ressent des chocs presque continuels, et qui se manifestent au moment où les roues passent sur les joints. Le dommage causé aux voitures ne se fait pas sentir immédiatement, bien qu'il tende à les mettre promptement en pièces. L'usure des roues, par suite de ces chocs, est également considérable.

Au nombre des avantages résultant de ce mode d'assembler les rails, le plus important, peut-être, est la

diminution de la résistance opposée au mouvement des roues des voitures. Nous pourrions citer plusieurs expériences dans lesquelles on a trouvé cette résistance très réduite ; en effet, dans l'ancien système, la dépression des dés présentait une suite d'obstacles à la marche des voitures, obstacles qui n'existent plus avec le nouveau moyen de former les joints.

On a proposé diverses modifications au procédé de MM. Losh et Stephenson ; il ne nous serait pas possible de les décrire toutes. Les fig. V et VI, pl. 3, en représentent deux qui méritent quelque attention. Dans la première, les extrémités des rails sont coupées d'équerre, comme dans l'ancien système, et chacune d'elles porte une échancrure demi-cylindrique, d'un diamètre égal à celui du trou pratiqué dans le chair. Lorsque les rails sont placés, les extrémités contiguës présentent alors un trou cylindrique, dans lequel passe la cheville qui traverse le chair ; la cheville ne sert point à maintenir les rails dans le sens de leur longueur ; mais elle les empêche de s'élever l'un au-dessus de l'autre, seul mouvement que les rails puissent faire lorsqu'ils sont posés.

La fig. VI, pl. 3, représente un moyen d'empêcher les rails de se soulever, sans être obligé d'avoir recours à la cheville. Les extrémités des rails sont fondues suivant la forme indiquée par les lignes ponctuées *d;* chaque rail porte à l'une de ses extrémités, une saillie qui s'ajuste dans une cavité ménagée dans l'extrémité du rail contigu. Les rails se trouvent ainsi maintenus dans le sens vertical ; les parties saillantes, ou joues des coussinets, suffisent pour les maintenir dans l'autre sens.

Dans tous les chairs que nous avons vus pour ce système, la surface sur laquelle repose le rail est parfaite-

ment plane. Dans la disposition représentée par la fig. V, pl. 3, si le rail repose sur la cheville, ou se trouve soulevé par elle, le dé peut éprouver une forte dépression sans déranger le joint ; dans ce cas, le dé tourne autour de la cheville comme un pivot sur son centre ; mais si le rail repose sur la base du chair, le dé ne peut alors se mouvoir sans forcer la cheville.

Cet inconvénient se présente également, mais à un degré moindre, dans le système de MM. Losh et Stephenson ; car si la cheville remplit parfaitement le trou qui traverse à la fois les extrémités des rails et le chair, le dé ne peut se mouvoir qu'autour de la cheville comme axe. Si le rail repose sur le sommet de la partie courbe du chair, et que le dé vienne à s'incliner, le sommet de la partie courbe ne peut se mouvoir autour de la cheville comme centre ; il en est empêché par la surface plate du dessous du rail, qui forme la tangente de l'arc que le point de contact tend à décrire. Ainsi, dans ce cas, la cheville doit céder à l'action du poids, et par conséquent tendre à se forcer comme dans le rail précédent. Cette imperfection est, du reste, la seule qu'on puisse reprocher au système de MM. Losh et Stephenson ; ce système s'oppose très efficacement, d'ailleurs, à la désunion des joints, tandis que, dans les autres dispositions, les extrémités des rails peuvent se soulever et ne point rester sur le même plan.

La fig. III, pl. 3, représente un système de rails et de joints adopté par M. B. Thompson, sur le railway de Brunton à Shields. Le chair n'a qu'un seul rebord ou côté *b*, et le rail y est maintenu au moyen d'un boulon, dont l'écrou *f* est concave et renferme une saillie convexe ménagée sur le rail.

k et *l* représentent les deux côtés de cet assemblage; *k* est le côté où se trouve l'écrou, et *l* celui où sont placés le rebord du chair et la tête du boulon. En pratique, ce système présente l'inconvénient suivant : par suite d'une longue exposition à la pluie, la rouille fait disparaître les filets de la vis, et alors le joint cesse d'être maintenu.

M. Losh, en 1829, obtint un brevet pour un système de joint sans cheville. La partie du chair où reposent les rails est concave, et les extrémités des rails sont convexes; les rails sont assemblés à demi-épaisseur; ils se croisent sur une longueur d'environ 3 pouces. Les fig. IV, *A*, *B*, *C*, *D*, pl. 3, représentent le plan, l'élévation et la coupe de ce mode d'assemblage; *a*, *b* (coupe en travers *C*), sont les deux extrémités formant le joint; on les suppose coupées au milieu du joint même. Chaque rail porte à l'extérieur une saillie demi-sphérique, *c*, *d*. Du côté intérieur du rail *b*, se trouve une saillie semblable *e*, qui se loge dans une cavité correspondante ménagée dans le rail *a*. Lorsque les rails sont réunis, cette saillie les empêche de se séparer dans le sens longitudinal.

Le chair a la forme ordinaire; seulement on a ménagé sur chacun des rebords une rainure verticale, pour laisser passer les saillies *c* et *d*. Le poids des rails et leur jonction suffisent pour les faire porter sur le fond du chair.

Le but des chemins de fer est de présenter aux roues des voitures une surface continue et parfaitement unie. Toute dépression ou déplacement des rails empêche évidemment d'atteindre ce but. La nature de la base sur laquelle repose cette espèce de chemin, rend très difficile,

si ce n'est impossible, de former un railway remplissant parfaitement ces conditions. Nous devons néanmoins faire tous nos efforts pour approcher autant que possible de la perfection ; deux moyens se présentent : il faut que les assemblages des rails soient faits de manière que les dés puissent suivre les dépressions du sol sans nuire au parallélisme des rails, ou que les dés aient une assiette assez solide pour ne pas être dérangés par le poids des charriots.

Pour obtenir en pratique, le premier de ces moyens et conserver facilement la continuité des rails, il faut que les dés puissent se mouvoir et prendre un certain degré d'inclinaison, sans produire trop d'efforts sur la cheville, et sans disjoindre les extrémités des rails. Cet effet aura lieu si la cheville étant considérée comme centre du mouvement, le dessous des rails présente une portion de circonférence dont la cheville sera le centre ; la surface de contact du chair pourra être, dans ce cas, soit la partie supérieure d'une surface courbe, soit une cavité circulaire correspondant à la surface courbe des rails ; le dé pourra alors s'incliner sans forcer la cheville ni déranger le joint des rails. On peut encore prendre pour centre du mouvement, le point d'appui du rail sur le chair ; dans ce cas, la cheville devra être placée dans une espèce de rainure circulaire ayant ce point pour centre. Ce système s'opposera au déplacement des rails, et permettra en même temps à la cheville d'obéir au mouvement des coussinets sans déranger la surface de la voie.

La forme du chair *(fig. VI, pl. 3)* présenterait à peu près cette propriété, si le contact des rails avec le chair avait lieu sur un point et non sur une surface plane ;

car le chair pourrait alors se mouvoir sur ce point sans altérer le joint; mais, dans ce cas, les extrémités des rails devraient être réunies à demi-épaisseur. On obtiendrait le même effet si les rails reposaient sur le sommet d'une surface cylindrique, dont la section principale aurait pour centre le milieu du chair.

On peut varier à l'infini le mode d'assemblage des rails, mais il faut qu'il satisfasse à la condition essentielle de conserver aux rails leur parallélisme, dans le cas où leurs supports viendraient à éprouver un dérangement quelconque.

Il ne suffit pas que la pose soit faite de manière que les rails se trouvent tous dans le même plan, quand leurs dés ou autres supports se trouvent en bon ordre, c'est-à-dire placés parallèlement au plan général du chemin, il faut encore que le parallélisme des rails soit conservé, lorsque, par une dépression du sol, ou par toute autre cause, les dés viennent à être déplacés et forment un angle avec le plan du chemin.

Nous ne serions pas entré dans d'aussi grands détails sur cette question, si nous n'avions pas trouvé, même parmi les chairs adoptés depuis peu, des formes entièrement contraires à ces principes. Quelques unes sont disposées dans l'hypothèse où le dé conservera sa position primitive, et nullement dans celle d'une dépression inévitable du sol sur lequel il doit être placé. La moindre observation fera reconnaître les vices d'un tel système, surtout lorsqu'un faible tassement aura fait incliner les dés. On verra plus d'une fois, au moment du passage des voitures, les rails céder et s'enfoncer, par suite de l'effort produit sur les supports. Nous reviendrons sur ce sujet lorsque nous nous occuperons de la construction des railways.

§ IV. — RAILS EN FER MALLÉABLE. — RAILS SAILLANTS.

Nous avons dit précédemment que les rails en fer malléable sont maintenant employés sur toutes les grandes lignes ; il nous paraît, en conséquence, très important d'indiquer les divers perfectionnements qu'ils ont subis depuis leur origine. Les premiers rails en fer malléable avaient la forme d'une simple barre rectangulaire, de 1 à 2 pouces de côté, ou de 1 à 2 pouces de largeur sur 3 pouces de hauteur; les longueurs n'étaient point limitées. Leur surface étant très étroite, coupait les jantes des roues, surtout avant qu'on eût imaginé de durcir les jantes au moyen de la trempe. On augmenta ensuite la surface des rails ; mais alors leur poids et leur prix de revient dépassèrent ceux des rails en fonte. Tels furent les motifs qui, pendant plusieurs années, en limitèrent l'emploi.

Pour remédier à ces inconvénients, et, en même temps, pour leur donner une force suffisante, M. Birkinshaw, des forges de Bedlington, obtint, en octobre 1820, un brevet pour un perfectionnement dans le laminage des rails. Ce procédé consiste à donner aux rails en fer la forme des rails en fonte. Les fig. VII, *A*, *B*, *C*, pl. 3, représentent le plan, l'élévation et la coupe de cette espèce de rail. Il est évident, d'après ces dessins, que ces rails diffèrent très peu des rails en fonte les plus perfectionnés. On les obtenait en faisant passer des barres de fer rouge entre deux cylindres, dont l'un avait une rainure correspondant à la forme du rail, et pratiquée en faisant tourner le cylindre sur un faux cen-

tre. Le rail présentait, dans sa partie inférieure, un contour qui était exactement celui d'une demi-ellipse, lorsque la rainure avait été faite par des ouvriers habiles. Ce moyen de fabriquer les rails permettait de donner à leur partie inférieure, non-seulement la forme elliptique, mais encore deux rebords (*fig. C*). Il a, en outre, permis d'employer le fer malléable dans beaucoup de cas où il ne pouvait être appliqué, par suite de la forme produite jusqu'alors par le laminage ordinaire. La forme elliptique ainsi obtenue, fut considérée comme un grand perfectionnement, et comme propre à remédier au défaut qu'on reprochait aux rails en fer, lorsqu'ils n'étaient formés que de simples barres rectangulaires.

Ces rails ont, en général, une longueur de 15 pieds, divisée en portées de 3 pieds chacune. Dans le brevet, on recommandait de donner 18 pieds à la longueur, mais l'expérience a démontré que 15 pieds rendaient la fabrication beaucoup plus facile, et par conséquent d'une qualité supérieure.

Dans l'origine, ces rails étaient coupés d'équerre à leurs extrémités, et les joints étaient disposés comme pour les anciens rails en fonte; maintenant on les forme à moitié épaisseur, comme l'indique la fig. VII, *B*, pl. 3. Ils ont, par conséquent, tous les avantages des joints des rails en fonte perfectionnés.

Les fig. VIII, *A, B, C, D, E*, pl. 3, représentent le rail employé dans l'origine, sur le chemin de Liverpool à Manchester, par M. Stephenson. Ces rails avaient 15 pieds de longueur, et pesaient 35 lbs. par yard; les joints étaient d'équerre, et les portées avaient 3 pieds. La fig. VIII, *A*, représente l'élévation de ces rails; la

fig. *B*, le plan ; la fig. *C*, une coupe prise suivant $a'b'$, milieu du rail ; la fig. *D*, une coupe suivant $a''b''$, près le chair, et la fig. *E*, une coupe au milieu du chair.

Sur l'un des côtés du rail, on a formé un renflement, *c*, qui règne sur toute la longueur du rail ; le renflement placé le long de l'autre côté, s'arrête près des chairs. L'assemblage des rails avec les chairs est représenté par la fig. *E* ; sur l'un des côtés du chair est ménagée une cavité *c*, correspondant à la saillie ou renflement latéral du rail ; sur l'autre côté, se trouve une autre cavité *d*, destinée à recevoir un coin en fer. Lorsque le rail est placé dans le chair, on enfonce le coin ; de cette manière, on force le renflement latéral du rail à entrer dans la cavité *c*, et dès-lors, tout mouvement vertical devient impossible.

Pour maintenir le chair sur le dé en pierre, de 12 pouces d'épaisseur et 2 pieds de côté, on y perce deux trous de 2 pouces de diamètre, dans lesquels on enfonce des chevilles en bois indiquées sur la fig. *E*, par les lettres *n*, *n*. Ces chevilles sont ensuite percées au moyen d'une tarrière de $\frac{3}{8}$ de pouce, et on y fait entrer les chevilles en fer qui doivent maintenir le chair au dé. Ces dernières ont $\frac{1}{2}$ pouce de diamètre.

Les fig. IX, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, pl. 3, représentent le rail employé sur le chemin de fer de Garnkirk près Glasgow : la fig. *A* en est l'élévation ; la fig. *B* le plan ; la fig. *C* la coupe suivant *AB* ; la fig. *D* la coupe suivant $a''b''$, et la fig. *E* la coupe suivant *ab*. Ce rail, comme on le voit, diffère très peu du précédent ; il en est de même du chair, et du système employé pour maintenir le chair au dé.

Un autre modèle de rail a été employé par M. Losh

(fig. X, *A*, *B*, *C*, *D*). La fig. *A* en est l'élévation; la fig. *B* le plan; la fig. *C* la coupe suivant *a b*; la fig. *D* la coupe suivant *a' b'*. Dans le système précédent, le dessous du rail, dans la partie correspondant au chair, et le plafond du chair sont tous deux parallèles à la surface supérieure du rail, et lorsque le coin est placé, il empêche le rail de se soulever, sans cependant avoir aucune tendance à le faire abaisser dans le chair. Dans le nouveau système de M. Losh, les coins sont d'une forme pyramidale assez prononcée, et sont placés légèrement inclinés; il en résulte qu'ils pressent les chairs dans leur partie inférieure, et en même temps, ils abaissent les rails dans les chairs. Ils agissent en outre dans le sens horizontal, comme les coins des rails de Liverpool. Ce système est une grande amélioration. Ainsi, lorsque les coins prennent du jeu, les rails sont encore maintenus dans le sens vertical, tandis que dans l'autre système, lorsque les rails venaient à jouer dans la cavité du chair, les coins ne pouvaient agir sur eux. Cette disposition de coins a été adoptée sur le railway de Newcastle à Carlisle, avec cette différence que le rail se trouve maintenu de chaque côté par un coin, comme l'indique la fig. *E*. Ce sytème a été reconnu comme maintenant très bien le rail dans le chair.

Lorsqu'on commença à employer les rails en fer, on se borna, pour les fixer au chair, à faire usage de chevilles traversant à la fois le rail et les rebords du chair, comme on le faisait pour les rails en fonte; mais bientôt l'expérience démontra la grande différence que présentaient les deux espèces de rails. Chacune des portées des rails en fonte se trouvait être indépendante; il n'en est pas de même pour celles des rails en fer, qui, au nombre de

cinq par rail, forment une longueur de 15 pieds. La dilatation, la contraction des rails par suite des variations de température, l'action des roues des voitures, les inégalités et les dépressions de la voie, sont des causes de destruction pour les joints; aussi reconnut-on bientôt que les chevilles étaient insuffisantes pour maintenir les rails.

Le système de coins indiqué par les fig. VII, VIII et IX, pl. 3, tendent à remédier en partie à cet inconvénient; les coins y fonctionnent au moyen du frottement de leur surface; mais les diverses causes de destruction que nous avons énumérées plus haut, agissent peu à peu sur les coins, et bientôt leur font prendre du jeu. Il résulte de l'observation faite sur plusieurs chemins où ce mode a été employé, qu'au bout de peu d'années presque tous les coins et les extrémités des rails avaient beaucoup de jeu, et qu'il était difficile, si on ne renouvelait pas les coins, de les conserver long-temps fermes.

Pour remédier à ce jeu des coins, et persuadé qu'on augmenterait la force des rails si on pouvait fixer solidement les extrémités des rails dans les chairs, M. Losh prit un brevet pour la forme de rail représentée par les fig. X, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, pl. 3. Ce rail porte à sa base deux rebords latéraux qui pénètrent dans une cavité ménagée dans le chair; il en résulte que, quand le coin est placé, tout mouvement tendant à séparer les extrémités des rails, fait serrer le coin; de même, lorsqu'une force agissant longitudinalement sur le rail a, pour effet, d'en soulever les extrémités et de permettre à la partie convexe de s'élever au-dessus de la partie concave du chair, le coin s'oppose directement à cet effet et maintient le rail dans le chair. Tant que le coin agira, il sera

impossible que les rebords inférieurs des rails quittent la cavité du chair. En fixant ainsi le rail, on prévient l'effet de tout effort longitudinal. M. Losh a en outre cherché à prévenir l'effet de la dépression du dé; la partie supérieure de la cavité du chair dans laquelle est placé le coin, au lieu d'être parallèle à la surface de roulage du rail, est faite en courbe. Par conséquent, lorsque le coin presse sur toute la longueur de sa partie inférieure le rebord du rail, il se trouve, dans sa partie supérieure seulement, comprimé par le sommet de la courbe de la cavité. La partie convexe du rail et la partie concave du chair ayant le même rayon que cette courbe, le chair peut se mouvoir librement et suivre les mouvements de la dépression du dé.

Ces rails sont assemblés comme l'indique la fig. X, *B*; la partie supérieure du joint est formée de deux demi-épaisseurs, et, dans la partie inférieure, chaque rail conserve son épaisseur et se trouve légèrement courbé comme le représentent les lignes ponctuées; on obtient ainsi une plus grande largeur dans la portée, que par l'assemblage ordinaire à demi-épaisseur sur toute la hauteur du rail.

Cette forme de rail a été employée sur le chemin de fer de Newcastle à Carlisle. La fig. X, *E*, représente une coupe faite sur l'axe d'un chair intermédiaire. Le rail est maintenu par deux coins placés l'un à droite, l'autre à gauche; il pèse 42 lbs. par yard; les supports sont à la distance de trois pieds. L'expérience a démontré que ce système de coins maintient mieux le rail dans le chair que le système employé jusqu'alors. On a donné à ces rails le nom de *rails ondulés*. Peu de temps après leur adoption, on a proposé ceux dont la partie

inférieure est parallèle à la partie supérieure; on les a en conséquence appelés *rails parallèles*. Les fig. I, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, pl. 4, représentent cette espèce de rails; la fig. *A B* en est l'élévation, la fig. *C D*, le plan, et les fig. *E*, *F*, les coupes en travers. Les opinions sont très partagées parmi les ingénieurs, sur les mérites relatifs de ces deux systèmes de rails en fer malléable, et, comme cette question est d'une haute importance, nous en ferons le sujet d'un chapitre particulier, dans lequel nous examinerons la section convenable à donner aux rails, et la force comparative de différentes sections. Néanmoins nous allons, dès à présent, décrire les différents rails adoptés sur les principaux chemins de fer.

---

§ V. — RAILS EN FER MALLÉABLE. — DIFFÉRENTES FORMES DE RAILS.

Les fig. I, *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, pl. 4, représentent le rail employé sur le chemin fer de Clarence, dans la contrée de Durham. La fig. *C* est le plan, et la fig. *A* l'élévation d'une partie de ce rail, pris entre les points d'appui; les fig. *B* et *D* indiquent, en plan et en élévation, le système employé pour former les joints. La fig. *E* est une section du rail et du chair; elle représente le moyen de fixer le rail au chair; enfin, la fig. F est une coupe du rail avec indication de ses différentes dimensions. L'un des côtés du chair est disposé de manière que le rail puisse s'y appuyer depuis sa base jusqu'au bourrelet supérieur; l'autre côté du chair présente une surface plane à peu près perpendiculaire à la base du

chair. Le rail est maintenu au moyen d'un coin en fer, dont l'une des surfaces latérales est plane et dont l'autre peut s'appliquer dans toute sa hauteur, contre le rail. Dans quelques endroits, on a substitué des coins en bois aux coins en fer. Les fig. II, *A*, *B*, *C*, *D*, pl. 4, représentent la forme du rail employé sur le chemin de fer de Saint-Helens à Runcorn, dans la contrée de Lancastre. Ce rail diffère de celui de Clarence dans la section de sa base qui, au lieu d'un cercle, présente un rectangle terminé par un demi-cercle. Le système employé pour fixer le rail au chair, est également différent, et bien certainement, il est supérieur. A Clarence, le coin agissant seulement sur l'un des côtés du rail, ne peut le maintenir complètement; à Saint-Helens, au contraire, les deux côtés du chair étant disposés de manière à recevoir des coins plus épais à leur base qu'à leur sommet, et qui agissent sur le rebord horizontal de la base du rail, aucun mouvement dans le sens vertical, ne peut avoir lieu, et par conséquent le rail est beaucoup plus ferme dans le chair. Le poids de ce rail est de 42 lbs. par yard; les supports sont écartés de 3 pieds.

Le rail employé par MM. Mellet et Henry pour le chemin de la Loire, est représenté par les fig. V. Le système de coin diffère peu de celui du railway de Clarence; seulement la partie supérieure du coin est maintenue par un rebord rectangulaire pratiqué dans le côté du chair. Ces rails pèsent environ 28 lbs. par yard; la distance entre les supports, est de 33 pouces.

Le rail dont les fig. VI, *A*, *C*, *D*, donnent l'élévation, le plan et les sections, est celui proposé pour le chemin de fer de Paris à Pontoise. Sa section diffère entièrement de celle du rail précédent; sa partie inférieure

présente deux rebords dont l'un pénètre dans une cavité du chair. Il est assujetti par deux coins, l'un, le supérieur, est en fonte et se place le premier; l'autre, en fer malléable, s'enfonce à coup de marteau. Le poids de ce rail est calculé pour être de 20 kilog. ou 44 lbs. le yard, avec une distance des points d'appui de 33 pouces.

Les fig. III et IV, pl. 4, représentent des rails d'une forme tout-à-fait différente de celle des rails précédents, qui, soit ondulés, soit parallèles, étaient disposés pour être supportés par des dés en pierre ou des traverses en bois, et devaient avoir assez de force pour supporter le poids des voitures, sans avoir recours à la résistance de dés ou de traverses placés entre les points d'appui ordinaires. En Amérique, où le bois est abondant et à très bon marché, tandis que le fer y est cher et la pierre difficile à obtenir dans beaucoup d'endroits, on a adopté un système particulier de rails. Des pièces de bois longitudinales, semblables, sauf les dimensions, à celles qui formaient les rails dans les chemins en bois, sont placées de chaque côté de la voie et reçoivent des rails laminés suivant une forme particulière. Ces pièces de bois ont de 8 à 9 pouces de largeur à la partie supérieure, et 10 à 12 pouces à la base; elles sont placées sur des traverses semblables à celles des autres railways, ou sur des blocs carrés de bois dur. Les rails ayant une large base, reposent parfaitement sur les pièces de bois, et par conséquent, leur section verticale n'a pas besoin d'avoir une aussi grande hauteur que pour des rails supportés par des dés ou des traverses isolés.

Le rail représenté par les fig. III, est employé sur quelques uns des railways des Etats-Unis; il n'a point de chair; sa base étant très large et reposant sur les lon-

grines, il est maintenu par les chevilles en fer *c* et *d*.

Les fig. IV indiquent une variété de cette espèce de rails. Le rail est maintenu sur la longrine au moyen d'une seule cheville en fer traversant l'un des côtés de la base du rail; dans les autres rails américains, les deux chevilles ont des têtes qui s'appuient sur des rainures ménagées le long de la base. En général, les chevilles ne sont point posées verticalement; dans quelques rails elles sont placées de manière à traverser les deux côtés de la base. Ces rails pèsent de 35 à 40 livres par yard.

A poids égal, cette forme de rails présente moins de force que les rails précédents, par suite de la grande quantité de matière employée à former la base; mais comme ces rails reposent dans toute leur longueur sur les longrines, ils se trouvent fortifiés, et dans la pratique, on les trouve suffisamment rigides. (*Note B*, § 4.)

Le rail elliptique, indiqué par les fig. VII, pl. 4, est celui dont M. Robert Stephenson a fait placer un certain nombre sur le chemin de Londres à Birmingham. Ces rails pèsent 50 livres par yard; leurs portées sont de 3 pieds; les joints sont faits à moitié épaisseur. Le système employé pour fixer le rail dans le chair, est différent de ceux dont nous avons parlé précédemment. M. Stephenson en a fait le sujet d'un brevet. Le rail entre dans le chair aussi juste que possible, et de manière que les vibrations latérales ne puissent avoir lieu; reste alors à empêcher les mouvements dans le sens vertical. Selon M. Stephenson, lorsque les coins se trouvent en contact avec les rails, ou sont placés de manière à agir directement, ils ne tardent pas à prendre du jeu, soit par suite des vibrations produites par le passage des voitures, soit par les effets de la dilatation

et de la contraction résultant des changements de température. Pour obvier à cet inconvénient, M. Stephenson interpose entre le coin et le rail, une cheville qui détruit l'effet des vibrations du rail. Cette cheville est indiquée par la lettre *d* sur la fig. VII, *C;* elle traverse le chair, et en *a*, elle présente une ouverture oblongue correspondant à une ouverture semblable ménagée longitudinalement dans le chair, et dans laquelle passe la clé ou coin *bb*, fig. *B,* qui maintient la cheville contre le rail. Nous avons entendu dire que dans la pratique, ce système de fixer le rail au chair était très bon (*).

Le rail représenté par les fig. VIII, est celui employé maintenant sur le railway de Londres à Birmingham; il pèse 65 livres par yard; il est semblable à celui placé par M. Locke, sur le *grand-junction.* Ces rails sont maintenus dans les chairs au moyen de coins en bois. Le côté du chair contre lequel agit le coin, est à peu près vertical; le coin en pressant à la fois la partie supérieure de la base du rail et l'un de ses côtés, oblige l'autre côté à s'appliquer contre le chair, et empêche tout mouvement du rail. Ces coins sont en bois de chêne bien sec, de manière que quand ils sont posés, l'humidité de l'atmosphère les fait gonfler et augmente leur action sur le rail. Cet effet est tel, que, quelquefois, les coins font fendre les chairs.

La fig. VIII, *C,* représente la coupe en travers du chair. La joue, ou côté du chair contre lequel presse le coin, est convexe dans le sens longitudinal; par consé-

---

(*) Le système de chevilles décrit ci-dessus a été employé depuis au chemin de Blackwall (*note B,* § 1).

quent, lorsque le coin placé bien sec, se trouve peu de temps après gonflé par l'humidité de l'atmosphère, il est fortement comprimé par le chair, et agit alors sur le rail, de manière qu'aucun jeu ne peut avoir lieu entre lui et le chair. Ainsi, c'est seulement par suite de leur pression, que ces coins empêchent, dans les joints, les extrémités des rails de se séparer (*).

Les fig. IX et X, pl. 4, représentent la section d'un rail proposé pour le railway du *Great-North of England* par M. Story; il pèse environ 60 livres par yard. Ce rail est parallèle; il est maintenu dans le chair par un moyen différent de ceux indiqués précédemment. L'un des côtés du chair s'applique exactement contre le rail, et une pièce de rapport *e*, est placée entre l'autre côté et le rail, contre lequel elle est pressée au moyen d'une clé ou coin *f*. Cette pièce de rapport a pour but, de prévenir l'effet des vibrations qui tendent à faire prendre du jeu à la clé; le chair est maintenu au dé par quatre chevilles (**) — (***).

(*) Cette forme de chair a été abandonnée, on l'a remplacée par celle représentée par les fig. III et VII, pl. 10, dans laquelle la partie convexe est supprimée. Quant aux ruptures de chairs occasionnées par le gonflement des coins, elles n'ont plus lieu maintenant sur aucun chemin de fer. Probablement les montants ou joues avaient dans dans l'origine, une trop faible épaisseur. (*Note du traducteur.*)

(**) Ce système a été adopté, mais après avoir reçu quelques modifications; voir la description que nous en donnons (*note B*) en parlant du chemin du Great-North of England.

(*Note du traducteur.*)

(***) M. Wood donne ici une description très sommaire de quelques rails employés sur les chemins de fer en construction, au moment où il composait son ouvrage: nous avons cru devoir supprimer

§ VI. — QUALITÉS COMPARATIVES DE LA FONTE ET DU FER MALLÉABLE EMPLOYÉS POUR FORMER DES RAILS.

Lorsqu'on commença à employer les rails en fer malléable, quelques ingénieurs objectèrent que ces rails seraient sujets à l'oxidation, et que le mode de fabrication les rendrait fibreux et sujets à s'exfolier.

M. W. Chapman, dans son rapport sur le chemin de Newcastle à Carlisle, s'oppose à l'emploi des rails en fer malléable; il regarde leur durée comme devant être moindre que celle des rails en fonte; à l'appui de son opinion, il fait observer que les rails en fer provenant d'un laminage, sont nécessairement fibreux, et que les roues des voitures, et surtout des locomotives, en passant sur ces rails, doivent en aplatir la surface supérieure et finir par les diviser en lames.

M. Longridge, l'un des propriétaires des forges de Bedlington, a répondu à ce rapport, et a cité une lettre par laquelle M. Thompson, agent de lord Carlisle à Tindale-Fell, affirme que les rails en fer malléable posés depuis seize années, ne présentent aucune apparence de dégradation du genre signalé par M. Chapman.

« Tout le fer forgé qui a été employé depuis douze à » seize années, dit M. Thompson, paraît très peu en-

---

ce passage comme faisant double emploi avec une partie de la description détaillée que nous donnons note *B*, et dans laquelle se trouvent des renseignements sur les principaux chemins de fer construits en 1847. (*Note du traducteur.*)

» dommagé. La fonte est certainement plus dégradée » et plus sujette aux ruptures, bien que les rails soient » d'un poids à peu près double de ceux en fer. Les » waggons employés sont en, général chargés d'un » chaldron de Newcastle, c'est-à-dire de 53 quintaux.

» Newcastle, 18 décembre 1824. »

M. R. Stevenson, ingénieur à Edimbourg, a émis sur la même question l'opinion suivante : « Je n'hésite pas » a donner une préférence décidée *(decided preference)* » aux rails en fer malléable, formés de barres de 12 à » 20 pieds de longueur, avec les côtés unis et les extré- » mités parallèles, et même dans le simple état où ils » se trouvent en sortant des laminoirs. » *(Transactions of Highland Society*, vol. VI, page 139.)

M. G. Stephenson, de Newcastle, breveté pour les rails en fonte perfectionnés, nous a autorisés à faire connaître le rapport suivant qu'il a fait sur cette question :

« Dans la construction des chemins de fer, on doit » surtout chercher à employer des matériaux qui per- » mettent d'effectuer la plus grande quantité de trans- » ports avec le moins d'usure possible ; ces matériaux » doivent en outre présenter une grande durée. Selon » moi, les rails en fer malléable, pour lesquels M. Bir- » kinshaw a pris un brevet, réunissent ces avantages au » plus haut degré. En effet, ces rails peuvent, aujour- » d'hui, être fabriqués à meilleur marché que ceux en » fonte, attendu que, pour la même résistance, leur » poids est moindre de moitié, et que le prix du fer » malléable est loin d'être double de celui de la fonte. » A prix égal, on peut fabriquer une grande variété de

» rails en fer, et comme ils sont moins sujets à se rom-
» pre par l'effet d'un choc brusque, ils permettent de
» donner aux waggons une vitesse considérable. Pour
» obtenir des rails en fonte les mêmes avantages, il fau-
» drait leur donner un poids énorme, et, par consé-
» quent, augmenter considérablement la dépense pre-
» mière.

» Les rails en fer sont plus faciles à poser; chacun
» d'eux a une longueur qui lui permet de reposer sur
» plusieurs dés; le nombre des joints est, par consé-
» quent, beaucoup moindre, et les dés, ainsi que les
» chairs, se maintiennent mutuellement. Par suite de
» cette disposition, les voitures éprouvent beaucoup
» moins de secousses que sur des rails en fonte.

» Les rails en fer s'usent sous la pression des roues
» d'une manière plus constante et plus uniforme; en
» outre, leur durée est plus grande.

» Quelques ingénieurs ont prétendu que les rails en
» fer étaient sujets à s'exfolier, ou à se diviser en lames,
» dans les parties exposées à la pression des roues. Je
» crois pouvoir nier formellement ce fait; j'ai examiné
» avec soin des rails employés depuis plusieurs années
» sur une ligne très fréquentée, et sur aucun d'eux, je
« n'ai aperçu d'exfoliations. La pression en repos doit
» être plus nuisible à la cohésion de la fonte qu'à celle
» du fer; l'élasticité de la fonte est plus grande, en ce
» sens que la fonte peut subir un allongement plus con-
» sidérable sans altération permanente, mais il suffit d'un
» léger changement de forme pour produire une fracture
» complète. Le fer malléable, au contraire, peut éprou-
» ver de grands changements de forme, sans que sa
» force de cohésion soit altérée. Cette différence est en-

» core plus sensible lorsque les deux substances sont » soumises à la même pression. En effet, un poids qui » suffirait pour écraser le tissu cristallisé de la fonte » étendrait seulement le fer, ou l'aplatirait, et par cela » même augmenterait sa résistance à la pression.

» Ainsi, nous pouvons assurer que le fer, en raison » de sa malléabilité, ou propriété de pouvoir s'étendre, » ne peut éprouver d'exfoliation tant qu'il n'est pas al- » téré par quelque action chimique. De la différence re- » marquable de contexture de ces deux substances, il » résulte que le frottement des roues produit des effets » très distincts. Toutes les parties du fer malléable, soit » à l'intérieur, soit à la superficie, présentent la même » force d'adhérence; au contraire, dans la fonte et dans » tous les corps formés de la même manière, la surface » présente beaucoup plus de dureté que l'intérieur; cet » effet provient, sans aucun doute, du refroidissement » qui est plus rapide pour l'extérieur que pour les au- » tres parties. Il en résulte que du moment où le frotte- » ment des roues a usé la surface d'un rail en fonte, la » détérioration a lieu avec une grande rapidité.

» Les effets de l'atmosphère sont, à peu de chose près, » les mêmes sur les deux espèces de rails. Quant à l'oxi- » dation, ou rouille, elle est à peu près nulle; ce résul- » tat provient probablement du frottement continuel » des roues; il détermine sur la surface des rails, un » poli qui les préserve de l'oxidation. Quant aux parties » latérales, elles sont sans doute garanties par la cou- » che d'oxide noir qui recouvre toujours la surface du » fer. Le fer malléable employé comme rail, et par con- » séquent exposé à de continuelles vibrations, et des » barres de même métal placées toutes droites, ou sim-

» plement sur le sol, présentent une très grande diffé-
» rence dans la tendance à se rouiller; ainsi, l'oxidation
» est loin d'être la même pour un rail sans emploi, et
» pour un rail de même nature faisant partie d'un che-
» min de fer, lors même que ces deux rails seraient à
» peu de distance l'un de l'autre, et, par conséquent,
» exposés aux mêmes variations de l'atmosphère. Sur le
» rail non employé, on verra se détacher constamment
» des écailles de fer oxidé, tandis que l'autre rail sera à
» peine attaqué par l'oxidation. » *(Voir la Note C.)*

Quant à l'usure, l'expérience a démontré depuis peu, que les rails en fer bien fabriqués et en matière convenable, présentent plus de durée que ceux en fonte, et qu'ils ne se détruisent ni par l'exfoliation ni par l'oxidation. Il ne peut donc y avoir de doute sur la préférence à donner à l'espèce de rails à employer pour les railways publics.

La vitesse avec laquelle on fait circuler les convois de voyageurs, rend l'emploi de la fonte extrêmement dangereux, puisque la rupture d'un rail peut avoir les conséquences les plus désastreuses.

Sur les railways particuliers, la fonte est considérée par quelques personnes, comme plus avantageuse sous le rapport de l'économie, vu la différence de prix de premier établissement. Il ne paraît pas douteux que l'usure du fer ne soit moindre que celle de la fonte; reste, par conséquent, à examiner les prix des deux espèces de rails de même force et de même raideur; mais une forte preuve de la préférence donnée par les ingénieurs aux rails en fer, c'est l'emploi exclusif de ces rails pour les chemins publics, et leur adoption de plus en plus étendue pour les chemins particuliers, où l'économie

est une des conditions principales. Ainsi, nous pouvons considérer le fer malléable comme la meilleure matière à employer pour les rails.

---

§ VII. — PROPRIÉTÉS COMPARATIVES DES RAILS PLATS ET DES RAILS SAILLANTS.

Il nous paraît vraiment extraordinaire que les rails plats aient encore des défenseurs ; et, ce qui nous semble encore plus inexplicable, c'est l'erreur commise à l'égard de l'évaluation du frottement qui est considéré comme étant plus faible sur les rails plats que sur les rails saillants. Nous pensons qu'il existe maintenant une assez grande quantité de railways des deux genres, pour qu'il soit facile de vérifier cette assertion, dont l'absurdité sera du reste évidente, si l'on se reporte aux expériences sur le frottement (chap. VII de notre *Traité des chemins de fer*), et si l'on se rend compte de la nature de l'action des roues sur les deux espèces de rails. Si la surface de roulage des roues employées sur les rails plats était égale en largeur à la surface des rails saillants, et si les roues circulaient toujours sur les rails plats sans frotter contre leur rebord, plus que les boudins des roues contre la surface latérale des rails saillants, la friction pourrait alors être égale dans les deux cas; mais le frottement des roues contre le rebord des rails plats est beaucoup plus considérable que celui du boudin des roues contre le côté des rails saillants. En général, la hauteur du rebord des rails plats est de 3 pouces, tandis que le boudin des roues des rails de

l'autre système n'a que 1 pouce de hauteur. Par conséquent, si l'on suppose que la tendance au frottement soit la même dans les deux cas, la friction sera comme la hauteur du rebord est à celle du boudin, et dès-lors, elle sera plus grande pour le rail plat, et cela en supposant qu'il ne se trouve sur les rails aucun corps étranger pouvant entraver la marche des roues. Mais il est bien évident que les rails plats, par leur forme, se prêtent beaucoup plus que les rails saillants au séjour des obstacles ; ainsi ils forment, pour ainsi dire, un réceptacle pour la poussière, la boue et tous les corps qui viennent à y tomber ; tandis que les rails saillants ne permettent à aucun corps étranger de séjourner sur leur surface élevée et étroite. A l'appui de cette observation, nous allons rapporter une expérience vraiment intéressante sur la résistance occasionnée par la poussière sur les rails plats. Cette expérience est extraite d'une description jointe à un brevet, pour un système de railway proposé par M. Palmer.

« Dans le but de déterminer l'augmentation de résis-
» tance produite par la poussière placée sur les rails,
» j'ai fait une expérience sur l'une des branches du che-
» min de Cheltenham, partie presque neuve et dans de
» bonnes conditions. La voiture, avec sa charge, pesait
» 5,264 livres ; les rails étant propres, la résistance fut
» de 36 livres, et lorsque les rails furent légèrement
» recouverts de poussière, la résistance s'éleva à 43 li-
» vres. Par conséquent, pour le poids de 5,264 livres,
» la différence de résistance fut de 7 livres (*). »

(*) Pour augmenter l'action des freins, dans le cas où il est nécessaire d'arrêter rapidement un convoi, nous avons employé avec

Pendant long-temps, on préféra les rails plats, parce que les rails saillants creusaient en peu de temps les jantes des roues, et déterminaient ainsi une augmentation de frottement. Dans l'origine, cette usure des roues était considérable; elle provenait du peu de largeur des rails, et du manque de dureté du métal employé pour former les roues; mais cette objection à la préférence à donner aux rails saillants, a disparu complètement depuis qu'on a augmenté la largeur de ces rails, et surtout, depuis qu'au moyen de la trempe, on a donné une très grande dureté à la surface de la jante des roues. Ainsi, il n'y a plus maintenant de doute, le rail saillant est préférable au rail plat, comme ayant, à poids égal, une plus grande force, et comme présentant moins de résistance au mouvement des convois.

---

§ VIII. — RAILWAYS EN PIERRE.

Il existe encore un autre système de railway, employé il y a plusieurs siècles en Italie, et encore en usage dans les rues de Milan; il mérite quelques considérations. Il se compose de longs blocs de pierre, sur lesquels passent les roues des voitures; ils sont posés, sans interruption, des deux côtés d'un pavé destiné aux chevaux.

---

beaucoup de succès, du sable fin projeté sur les rails. (Voir notre Mémoire sur les moyens de prévenir les accidents sur les chemins de fer, *Annales des ponts et chaussées*, 1843.) On fait également usage du sable pour augmenter l'adhérence des roues de locomotive. (*Note du traducteur.*)

M. Walker a fait paver ainsi une rue à Londres, et il fut constaté que dans les premiers temps, un cheval pouvait y traîner, au moyen de voitures ordinaires, un fardeau beaucoup plus considérable que dans les autres rues. D'après de nombreuses expériences, M. Walker reconnut que sur un semblable chemin bien uni, et ne présentant à sa surface ni boue ni poussière, la résistance était à peu près égale à celle d'un railway avec rails en fer. Au bout de quelques années, les roues formèrent des ornières qui produisirent une grande augmentation de résistance; les blocs étaient cependant en granit et en basalte; néanmoins, les voituriers préféraient prendre ce chemin lorsqu'ils avaient une forte charge à conduire. M. Baadar, de Munich, proposa de placer sur les blocs une bande de fer, sur laquelle devaient passer les roues des voitures. Ce perfectionnement avait pour but d'empêcher les ornières de se former, et, par conséquent, de diminuer la résistance. Quelques stades du chemin de Quincy, près Boston, ont été établis suivant ce système, et l'on a reconnu qu'il présentait de grands avantages. Depuis, on l'a appliqué sur les chemins de Baltimore et de la Pensylvanie.

Sur 40 milles de long, le chemin de Baltimore à Ohio, est formé d'une seule ligne de blocs de granit, ayant 8 pouces d'épaisseur et 15 pouces de largeur. Ces blocs sont posés dans une tranchée remplie de pierres cassées; le rail en fer est fixé sur le bord intérieur des blocs; mais la portée n'étant pas uniforme, la stabilité du chemin est exposée à être altérée. On eût obvié en partie à cet inconvénient, en plaçant le rail plus près du centre de gravité des blocs.

Sur le chemin de Philadelphie à Columbie, les dix

premiers milles à l'ouest de Philadelphie, sont formés de blocs en granit ; ce système de chemin est ainsi décrit par l'éditeur américain de la deuxième édition de notre ouvrage :

« Les blocs de granit ont de 5 à 9 pieds de longueur, » 1 pied de largeur et 1 pied d'épaisseur ; les tranchées » ont 22 pouces de profondeur, y compris l'épaisseur » des blocs ; elles sont remplies avec des pierres cassées » en petits morceaux. Les blocs sont continus et placés » sur deux lignes parallèles. Sur leur surface supérieure, » près le bord intérieur, sont placées des barres de fer » plat ayant 15 pieds de long, 2 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur, » et $\frac{5}{8}$ de pouce d'épaisseur, et maintenues par des clous » carrés, de 3 pouces $\frac{1}{2}$ de long sur $\frac{12}{32}$ de pouce de grosseur. Ces clous sont enfoncés dans des chevilles de » cèdre, de $\frac{5}{8}$ de pouce de diamètre, placées dans des » trous ayant 3 pouces $\frac{1}{2}$ de profondeur, et percés dans » les blocs à la distance de 18 pouces les uns des autres. » Cette partie du chemin a dernièrement été examinée » avec soin par les ingénieurs. Le rigoureux hiver de » 1831 à 1832, durant lequel la gelée fut très forte, et » les dégels assez répétés, n'a, en aucune manière, » altéré la stabilité des rails »

CHAPITRE II.

DE LA FORCE ET DE LA RAIDEUR DES RAILS EN FONTE ET EN FER MALLÉABLE, ET DE LA FORME LA PLUS CONVENABLE A DONNER A CES DEUX ESPÈCES DE RAILS.

§ I. — REMARQUES GÉNÉRALES SUR LA MATIÈRE LA PLUS CONVENABLE A LA BONNE FABRICATION DES RAILS.

Depuis que le fer à l'état de fonte a remplacé le bois dans la construction des rails, son emploi est devenu très fréquent dans les railways, et, comme cela arrive toujours en pareil cas, son introduction souleva une forte opposition. On mettait en avant sa fragilité, ses chances de rupture, et l'action destructive qu'il exercerait sur les roues par sa dureté, lorsqu'il serait employé pour des rails *saillants*. Le temps et l'expérience ont fait justice de ces préjugés, et démontré l'utilité du fer à l'état de fonte. Cependant, sa nature le rend sujet à se rompre lorsqu'il est exposé à des chocs subits, et sa force peut être considérablement altérée par la réunion de soufflures inévitables, et par d'autres défauts de fabrication. Néanmoins, on peut l'employer dans la construction des railways, et lui faire supporter des poids

considérables avec des vitesses modérées, sans beaucoup de risques de rupture. Et comme c'est une importante considération dans les railways, que de les former avec des matériaux dans lesquels la force et la durée se trouvent réunies sans de fortes dépenses, le fer fondu est supérieur au bois.

La fonte présentant une surface qui oppose aux roues de petits obstacles, elle forme une matière très durable, et résistant beaucoup à l'action des roues. Sa fragilité seule peut donner lieu à une objection raisonnable, et comme elle ne peut être évitée sans augmenter la section et le poids du rail, et, par conséquent, le prix, elle a été cause de la préférence donnée au fer malléable, dont la ténacité, en résistant à la rupture, évite le danger, les inconvénients et la dépense des ruptures du fer fondu.

En décrivant les différentes espèces de rails employés dans la construction des chemins de fer, nous avons donné l'opinion des ingénieurs sur les mérites comparés que l'on reconnaissait, avant 1825, au fer malléable et au fer fondu. Depuis cette époque, les rails en fer malléable ont été presqu'exclusivement employés sur les chemins de fer destinés au public, et l'expérience a détruit le préjugé qui s'était d'abord formé contre leur adoption. On manquait alors de *données* sur leur force comparative, leur durée, et leur résistance au fardeau qu'ils devaient supporter; mais depuis, elles ont été fournies par les nombreuses applications qui ont été faites de ce moyen de transport.

§ II. — RECHERCHES SUR LA SECTION PRÉSENTANT LA PLUS GRANDE FORCE.

(Note D.)

Nous allons maintenant chercher à déterminer quelle est la section qui présente le plus de force ; et qui convient également aux rails en fer fondu et à ceux en fer malléable. Cette question renferme plusieurs considérations ; ainsi, nous exigerons d'abord que cette section offre aux roues des voitures une surface de roulage d'une largeur telle, qu'elle n'augmente pas inutilement le poids du rail, et qu'elle ne fasse pas des rainures dans les jantes des roues. Pour que le rail soit durable, il faut que cette partie présente de la raideur, et qu'elle ait, par conséquent, une certaine épaisseur ; il est également nécessaire que la hauteur de la section soit telle, que le rail soit suffisamment rigide. Toutes ces conditions doivent être prises en considération, pour donner une forme convenable à la section.

Deux ou deux pouces et demi semblent suffisants pour la largeur de la surface de roulage ; la dernière quantité est celle adoptée en Angleterre, pour les chemins de fer livrés au public. La force des rails étant comme la largeur et le carré de la hauteur, une plus grande largeur que celle absolument nécessaire, augmenterait le poids du rail sans augmenter sa force, plus qu'en raison directe de la largeur, tandis que la même quantité de matière employée à augmenter la hauteur, ferait croître la force en raison du carré de cette augmentation.

L'expérience n'a pas démontré que la surface de rou-

lage puisse avoir moins de 2 pouces de largeur, et il ne paraît pas nécessaire de lui donner plus de 2 pouces $\frac{1}{2}$. *(Note D.)*

Nous allons maintenant donner quelques résultats de l'usure du fer fondu et du fer malléable, afin de pouvoir déterminer l'épaisseur de la surface de roulage.

Dans la première édition de cet ouvrage, nous avons rendu compte de deux expériences sur l'usure de la fonte et du fer malléable, employés en rails sur le railway de Stockton à Darlington; en voici les résultats:

Rails en fer malléable, de 15 pieds de long, sur lesquels passent des machines locomotives pesant de 8 à 11 tonnes, et des waggons de 4 tonnes; ils supportent, par année, une circulation de 85,000 tonnes, non compris les locomotives et les wagons vides. Le rail dont le poids est de 136 livres $\frac{1}{2}$, perd en douze mois, 8 onces. La tête du rail a deux pouces $\frac{1}{4}$ de largeur; la perte est de $\frac{1}{10}$ de livre par yard et par année.

De nouvelles expériences ont donné à M. Story à peu près le même résultat. Lors du concours ouvert par la Compagnie du railway de Londres à Birmingham, pour la meilleure forme à donner aux rails, nous avons trouvé, MM. Barlow, Rastrick et moi, que plusieurs des concurrents estimaient l'usure annuelle à $\frac{1}{6}$ de livre par yard. Sur le railway de Killingworth, j'ai eu des rails qui, posés et pesés en 1825, ont perdu dans l'espace de douze années, 8 livres par rail de 15 pieds, ce qui fait environ $\frac{1}{8}$ de livre par yard et par année. Ces rails furent placés à une époque où la fabrication des rails en fer malléable était loin d'être aussi perfectionnée qu'à présent, et, en les examinant, j'ai trouvé qu'une partie de la perte de poids devait être attribuée aux exfoliations

sur les côtés. Ces rails ont supporté annuellement une circulation d'environ 100,000 tonnes de marchandises, non compris le poids des locomotives et des waggons vides. M. Dixon, ingénieur résidant du railway de Liverpool à Manchester, a trouvé que l'usure des rails était de $\frac{1}{10}$ de livre par yard et par année. Pour déterminer cette quantité, il a pris trois rails, et après les avoir bien nettoyés et pesés, il les a mis sur la voie; douze mois après, il les a enlevés, nettoyés et repesés de nouveau. Cette opération, répétée deux années de suite, a donné le même résultat.

Le 10 mai 1831, sur le railway de Liverpool, un rail de fer malléable, de 15 pieds de long, fut mis en place après avoir été soigneusement nettoyé, et reconnu peser 177 livres 10 onces $\frac{1}{2}$. Le 10 février 1833, le même rail fut enlevé par M. J. Locke, alors ingénieur résidant du même chemin, et, après avoir été nettoyé, il pesa 176 livres 8 onces; il avait, par conséquent, perdu en vingt-un mois un poids de 18 onces $\frac{1}{2}$. Le nombre de tonnes qui avait passé sur ce rail pendant cette même période, fut évalué à 600,000.

Ainsi, l'on voit qu'avec un tonnage aussi considérable, et la vitesse de ce railway, l'usure annuelle du rail fut seulement de $\frac{1}{268}$ de son poids primitif, de manière qu'il faudrait plus de cent années pour le réduire à la moitié de sa force actuelle. *(Note C.)*

Ainsi, nous pouvons évaluer l'usure des rails à environ $\frac{1}{10}$ de livre par yard et par année. Cette quantité, en supposant que la totalité provienne de l'usure sur la surface supérieure, sera la quatre-vingt-quatrième partie d'un pouce; par conséquent, si le sommet, ou la partie susceptible de s'user, avait 1 pouce de hauteur, le rail

durerait quatre-vingt-quatre années. Cependant, la totalité de l'usure ne doit pas être attribuée à la partie supérieure du rail; une portion, probablement très faible, doit provenir de l'exfoliation due à l'action de l'air. Admettons néanmoins, que l'usure, par l'action des roues, soit de $\frac{1}{10}$ de livre par yard et par année, il suffira alors de donner à la partie supérieure 1 pouce de hauteur; le rail ainsi formé, répondra à tous les besoins. Une augmentation de hauteur et de poids qui ne serait nécessaire que dans quatre-vingts ans, produirait à intérêts composés, à la fin de cette période, une somme plus considérable que celle à dépenser pour renouveler le rail.

Ayant déterminé les dimensions de la tête, ou surface de roulage du rail, il nous reste à examiner de quelle manière doit être réparti le surplus du métal pour obtenir la section la plus résistante.

Il est nécessaire d'avoir, à la partie inférieure du rail, une saillie qui permette d'assujettir le rail dans le chair. Dans les rails en fonte, on peut facilement obtenir ce résultat; il suffit de donner aux extrémités du rail les mêmes dimensions qu'au chair; le surplus conserve la forme qui présente le plus de résistanee. Il n'en est pas de même pour les rails en fer forgé; il est indispensable pour les maintenir dans les chairs, de donner à la base une certaine longueur, qui, par suite des moyens employés pour la fabrication, doit nécessairement régner sur toute la longueur du rail. Il est donc d'une grande importance de déterminer la largeur de cette base, de manière à ne point nuire à la force du rail.

M. Barlow, dans son deuxième rapport à la Compagnie du railway de Londres à Birmingham, a donné la solution de cette question.

Suivant lui, on obtient le maximum de force lorsque

$$x^3 - \frac{3}{4}\left(\frac{a + eb}{b}\right)x^2 = \frac{-e^2 a}{4b}$$

équation dans laquelle *a* représente l'aire de la section au-dessous de l'axe neutre; *b* la largeur de la partie centrale, ou côte *p q* (fig. XV, pl. 1); *e* la hauteur de la partie inférieure; *x* est une hauteur variable du chair. (Barlow, *Deuxième Rapport*, page 138.)

Dans cette solution, on a négligé la résistance ou force de la tête; elle est très faible. La résistance de la partie flexible du rail, a été prise à partir de l'axe neutre. On doit remarquer que ce moyen de calculer est probablement le plus exact; il serait peut-être bon de calouler la force du rail, en supposant la partie supérieure à peu près usée, et non lorsque le rail est prêt à être mis en place. En effet, lorsque la partie supérieure est usée, l'axe neutre est changé; mais il est préférable que la solution indique une force plutôt inférieure que supérieure à la réalité.

En comparant le résultat précédent avec les rails maintenant employés, on trouvera que la plupart d'entre eux présentent une trop grande quantité de matière à la base.

En général, on suppose à la partie supérieure des rails, 1 pouce de hauteur; l'axe neutre se trouve alors à un demi-pouce de la surface de roulage; nous pouvons, d'après cela, et au moyen de la formule précédente, calculer la section à donner à la base d'un rail qui doit avoir le maximum de force.

§ III. — RIGIDITÉ DE DIFFÉRENTES ESPÈCES DE RAILS.

Nous avons déterminé la meilleure forme à donner à la section; nous allons maintenant nous occuper de la force, ou rigidité nécessaire.

Deux conditions doivent être remplies :

1° La surface de roulage doit avoir une épaisseur suffsante pour la durée du rail;

2° La flexion doit être telle, qu'elle ne présente aucune résistance au mouvement des voitures.

Nous avons déterminé précédemment les dimensions de la tête du rail, et, quant aux autres parties, la formule de M. Barlow donnera les moyens de calculer leurs dimensions. Nous allons maintenant donner quelques expériences faites dans le but de vérifier la force et la raideur de différentes sections de rails, ainsi que la quantité de flexion qui présente un obstacle aux roues des voitures. Nous ne pouvons cependant donner des expériences sur toutes les formes de section employées sur les chemins de fer; il est par conséquent nécessaire de déduire des expériences faites sur une forme donnée, une formule qui mette à même de calculer le degré de raideur des rails de formes différentes.

La loi de la résistance de barres de fonte ou de fer forgé soumises à la pression, a été parfaitement expliquée par M. Tredgold, dans son ouvrage sur le fer fondu, et par M. Barlow, dans le rapport dont nous avons déjà parlé, et dans sa dernière publication sur la force des matériaux. Nous ne donnerons pas ici le détail de leurs calculs et de leurs expériences; nous nous bornerons à indiquer les formules qu'ils ont trouvées pour

calculer la force et la raideur des différentes formes de rails; le lecteur pourra se reporter aux ouvrages de ces auteurs, pour de plus amples documents sur cet important sujet. M. Tredgold ayant trouvé, par ses expériences, que la force de cohésion de la fonte est égale à 15,300 livres par pouce carré, donne la formule suivante pour calculer la force de la section d'un rail supportant un poids donné de voiture.

Supposons que la fig. XV, pl. 1, représente la section du rail, et soit:

w = le plus grand effort en livres auquel le rail soit soumis;

l = la distance en pieds, entre les supports;

b = la plus grande largeur en pouces, du rail;

d = sa plus grande hauteur;

qb = la différence entre la plus grande largeur et la largeur mesurée au milieu de la hauteur;

pd = la hauteur de la partie centrale ou côte pq.

On a : $\frac{w\,l}{850} = b\,d^2\,(1 - q\,p^3)$

Par conséquent, $d = \sqrt{\frac{w\,l}{850\,b}}\,(1 - q\,p^3)$

Et $w = \frac{850\,b\,d^2}{l}\,(1 - q\,p^3)$

Dans ce calcul on suppose que la tête, la partie centrale et la base ont toutes la même épaisseur; mais, comme il n'en est pas ainsi en pratique, nous allons donner la solution de M. Barlow; elle s'applique à toutes les formes possibles, et surtout aux rails en fer forgé.

Ayant préalablement trouvé par des expériences, que le rapport de la résistance du fer forgé à la tension et à la compression est : : 4 : 1, soit ABCD (*fig.* XV, *pl.* 1) la section du rail, et nn l'axe neutre; cc sera le centre

de compression, *cn* étant les deux tiers de *nh;* le point *m* est le centre de *rs*. Les largeurs *nn* et *mm* sont également connues; *t* représentera la tension du fer par pouce carré, dans les limites de son élasticité; alors la résistance de toute la section, rapportée au centre de compression *c*, peut être considérée comme composée de trois résistances:

1° Celle de la partie centrale prolongée dans les tables supérieure et inférieure, soit:

$$vtzw = \frac{1}{3} hs.ns.pq.t;$$

2° Celle de la tête AEFB, moins la largeur de la partie centrale $= \frac{1}{3} hx.nx.(nn - pq)\frac{nx}{ns}t;$

3° Celle de la base, moins le prolongement de la partie centrale, soit: GCDH $= nm.rs.(mm - qp)\frac{\delta''}{d'}t$ (*).

Ces trois résistances étant calculées, soit: $s =$ leur somme, et $l =$ la longueur de la portée; alors $\frac{4s}{l} = W$, poids que la barre doit supporter en son milieu pendant un temps indéfini, sans altération de son élasticité.

Pour déterminer au moyen de la formule précédente, la force d'un rail d'une section donnée, il nous suffira de chercher la force de tension du fer forgé et de la fonte, c'est-à-dire la valeur de *t*.

M. Tredgold a fait plusieurs expériences sur diverses espèces de fer fondu, au moyen desquelles il a trouvé que l'effort supporté par pouce carré de fonte sans altération, était égal à 15,300 livres ou 6,83 tonnes. (*Tred-*

(*) Barlow, *page* 41.

gold, page 77). M. Barlow, dans son premier rapport (page 26), a conclu d'expériences faites avec beaucoup de soin, que, pour le fer forgé, la force de tension était égale à 10 tonnes par pouce carré. Il donne ensuite, d'après la formule précédente, des règles pratiques pour calculer la force de chaque partie d'un rail de fer forgé (*page* 44).

Ainsi, nous sommes à même de calculer le poids qu'un rail de fer forgé peut supporter sans altérer son élasticité; ce poids sera réduit aux deux tiers, si le rail est en fonte. Nous pouvons, dans la pratique, considérer comme renfermé dans ces limites, l'effort auquel le rail est soumis.

Indépendammment de la force, les rails doivent avoir une autre propriété, c'est-à-dire un degré suffisant de raideur pour qu'ils ne présentent point d'obstacles à la circulation des voitures.

Dans les rails en fonte, la grande hauteur nécessaire à leur section pour qu'ils aient une force suffisante, leur donne évidemment toute la rigidité convenable; il n'en est point de même pour les rails en fer forgé. Leur puissance de tension étant plus grande, leur hauteur de section est moindre, et alors le rail devient si flexible, qu'il présente une résistance considérable aux voitures. Il est donc nécessaire de déterminer d'abord la résistance résultant de la flexibilité et l'effort auquel les roues des voitures peuvent être soumises en pratique, sans nuire à la traction.

La loi de la flexion, dans de semblables circonstances, est très connue; elle est proportionnelle au poids et au cube de la longueur, et en raison inverse de l'épais-

seur et du cube de la hauteur. Ainsi, l'on a $\delta = \frac{l^3 w}{a d^3}$ et par conséquent, $\frac{l^3 w}{a d^3 \delta} = E$, quantité constante.

Dans les recherches précédentes, nous avons obtenu la force d'un rail dans les limites de son élasticité; par conséquent, si nous déterminons par des expériences, la flexion due à ces limites, nous pourrons alors calculer la quantité dont un rail fléchira sous un poids donné. Car $\frac{lw}{4 a d^2} = s$, quantité également constante, w étant le poids que le rail supportera sans altérer son élasticité; et conséquemment, comme l est le même dans les deux valeurs, $d\delta$ sera aussi une quantité constante; c'est-à-dire que tous les rails ayant la même portée, et chargés dans leur milieu d'un poids égal à toute l'étendue de leur pouvoir élastique, fléchiront de manière que leur flèche (δ), multipliée par la hauteur (d), produira une quantité constante, quelle que soit l'épaisseur ou les autres dimensions du rail, pourvu que la longueur soit la même.

Pour déterminer la quantité de flexion des barres de fer forgé, M. Barlow a fait une série d'expériences dont voici le résultat :

Une barre rectangulaire de fer forgé, de 33 pouces de portée, étant soumise à un effort équivalent à toute son élasticité, fléchira de manière que sa hauteur, multipliée par la flèche, produira la quantité 0,278. Conséquemment, $\frac{0,278}{d'} =$ la flèche, d' étant la hauteur en pouces.

Cette équation s'applique seulement aux barres rectangulaires. Pour la rendre générale, nous devrons la

rapporter à l'axe neutre, qui, dans les barres rectangulaires, se trouve en dessous de la surface supérieure à $\frac{1}{5}$ de la hauteur.

Nous avons, par conséquent : $0,278 \times \frac{4}{5} = 0,22$;

La formule devient alors : $d' \delta = 0,22$; d' indiquant maintenant la hauteur de la barre au-dessous de l'axe neutre. Sous cette forme, l'équation est applicable à tous les rails parallèles.

D'après un grand nombre d'expériences sur la force et la flexibilité de la fonte, M. Tredgold a trouvé que la fonte pouvait supporter, dans les limites de son élasticité, un poids d'environ 7 tonnes par pouce carré, et qu'elle s'écrasait sous un poids de 40 tonnes par pouce carré. (*Tredgold*, page 271.)

Il résulte des expériences faites par le même auteur, sur la flexion des barres en fonte, qu'une barre de 1 pouce carré et d'une portée de 36 pouces, fléchissait de 0,18 à la limite de son élasticité permanente. (*Tredgold*, page 20.)

Réduisant la portée à la même longueur que la barre de fer forgé, nous aurons $\delta = 0,19$, et, par conséquent, $\frac{0,19}{d'}$ pour la flexion d'une barre rectangulaire ayant une portée de 33 pouces.

Si nous prenons pour le rapport de la tension à la compression de la fonte, la quantité :: 7 : 40, ou si nous supposons que l'axe neutre se trouve à $\frac{1}{6}$ de la hauteur, à partir de la surface supérieure, nous aurons :

$$0,1911 \times \frac{5}{6} = 0,17 = d' \delta$$

Les expériences de M. Tredgold démontrent que la force de tension de la fonte est égale à 7 tonnes par pouce carré; faisant donc $t = 7$ tonnes, nous pourrons

appliquer les formules précédentes à toutes les formes de barres, soit en fonte, soit en fer forgé.

Ayant obtenu la meilleure forme à donner à la section transversale des rails, et la loi de flexion par rapport à la hauteur, nous allons maintenant nous occuper de la section longitudinale. Il nous sera facile de la déterminer, nos précédentes recherches nous ayant mis à même de trouver la partie supérieure et la base des rails, ainsi que leur hauteur.

L'opinion des ingénieurs a été très divisée sur la question de la meilleure forme à donner à la section longitudinale; suivant les uns, le rail devait être parfaitement parallèle entre les points d'appui, et suivant les autres, la surface inférieure devait former une demi-ellipse; ce dernier rail prenait le nom d'*elliptique* ou ondulé, et le premier, celui de *parallèle.*

Lors du premier emploi de la fonte, la partie inférieure des rails saillants avait la forme d'une parabole; la partie supérieure était parfaitement droite. Cette disposition n'est point celle qui présente le plus de force pour les rails.

Lorsqu'une poutre de largeur uniforme est supportée à chaque extrémité, et chargée en son milieu, la forme de section la plus forte avec le moins de matière, est celle de deux paraboles sur le sommet desquelles agit le poids. Mais, pour des rails, il n'en est pas de même; le fardeau circule le long du rail, et par conséquent, chaque partie du rail supporte successivement tout le poids. Lorsqu'une poutre supportée à ses deux extrémités, est chargée également sur toute sa longueur, sa surface inférieure, pour présenter le maximum de résistance, doit avoir la forme d'une demi-ellipse, car l'ef-

fort est comme le carré de la hauteur, et en raison inverse de la distance des points d'appui ; or, le carré de la hauteur variera comme les rectangles des segments; c'est précisément la propriété de la demi-ellipse.

Dans le rail AB *(fig. XI, pl. 4)*, soit CD la hauteur dans le milieu du rail $= d$, AC $= l$; AE $= x$; alors pour la hauteur D dans une partie EF, on aura :

$$D^2 = \frac{d^2}{l^2}(lx - x^2)$$

Cette équation mettra à même de calculer les ordonnées de la courbe formant la base du rail. Aux points A et B, on augmentera la hauteur, comme l'indiquent les lignes ponctuées *ab* et *cd*, afin de pouvoir faire reposer le rail sur le chair.

Les rails en fonte étant fondus dans des moules, on peut leur donner exactement la forme elliptique. Quant aux rails forgés, on obtient, au moyen de cylindres d'une construction particulière, une courbe qui approche tellement de l'ellipse, qu'il n'en peut résulter aucun inconvénient pour la pratique.

Soit *(fig. I, pl. 1)* EF la section d'un cylindre; GH celle d'un deuxième cylindre; on place ce dernier sur un faux centre C, puis on y creuse une rainure dont la profondeur varie comme l'indique la figure. Le cylindre GH étant mis sur son véritable centre B, on fait passer la loupe de fer entre les deux cylindres en KL; le rail qui est alors formé, présente dans sa partie inférieure une courbe elliptique.

M. Barlow a donné une formule pour calculer les ordonnées de cette courbe. (*Voir page* 10.)

En examinant la table donnée par M. Barlow (*p.* 11), on voit que la courbe produite par la fabrication des

rails, diffère très peu d'une véritable ellipse. Les fabricants habiles peuvent cependant laminer les rails suivant une ellipse ; il suffit de donner à la rainure des cylindres la hauteur convenable. Ce résultat a, du reste, été souvent obtenu en pratique.

Revenons à la question de la meilleure forme à donner à la section longitudinale des rails. Comme la hauteur à donner à la section des rails en fonte, pour leur assurer le degré convenable de force, est suffisante pour les rendre rigides, la forme elliptique est bien évidemment la meilleure; c'est pourquoi tous les rails en fonte ont cette forme.

Il n'en est pas de même pour le fer forgé; la force de tension en est si grande, que cette matière employée comme rails, ne se trouve jamais soumise à un tel degré d'effort, comparativement à son extrême force, que nous devions prendre seulement en considération la force de tension; car, avant que l'effort soit aussi considérable, la flexion est telle, qu'elle présente une résistance considérable aux voitures. Ainsi, l'élasticité des barres de fer forgé doit être la considération prédominante. Il s'agit donc de déterminer si une barre parallèle présente plus de rigidité qu'une barre elliptique, et si l'économie de matière dans la barre elliptique, est oui ou non compensée par la raideur supérieure de la barre parallèle. Nous devons également prendre en considération l'augmentation de dépense dans la fabrication, et les avantages que les deux espèces de rails peuvent présenter.

M. Barlow, dans les rapports dont nous avons déjà eu occasion de parler, a parfaitement traité cette question. Il a trouvé que les flexions d'une barre rectangulaire

étaient à celles d'une barre elliptique, de même longueur et de même hauteur, comme 33 : 41.

M. Tredgold, dans son ouvrage sur la fonte, a trouvé à peu près le même résultat, c'est-à-dire :: 0,837 : 1. Les poids des barres sont, dans ce cas, dans le rapport de 1 : 0,7854. Ainsi, le manque de raideur d'une barre elliptique est compensé par l'économie sur la quantité de matière; de manière que, si on fait les deux barres de même poids, en augmentant la hauteur de la barre elliptique, les raideurs seront à peu près les mêmes, ou 0,0716 en faveur de la barre elliptique.

Ainsi, en théorie, il n'y a aucune raison pour faire préférer l'une ou l'autre forme, sous le rapport de la raideur. Mais nous devons examiner la question sous un autre point de vue, et la ramener à la pratique; et d'abord, la forme que nous avons considérée en théorie, n'est point celle employée en pratique. Nous avons également à tenir compte d'autres considérations que nous allons examiner.

Soit *(fig. XII, pl. 4)* ABCD une barre rectangulaire, ou rail parallèle; AEB sera alors la barre demi-elliptique, telle que nous l'avons considérée en théorie. Sa raideur, comparée à celle de la première barre, est :: 33 : 41.

En pratique, les extrémités de l'ellipse sont terminées à peu près comme l'indiquent les lignes ponctuées *ab*, *cd*, de manière que la fig. A *a b* E *c d* B, représente un rail ondulé; cette modification change nécessairement le rapport des raideurs et des poids.

Soit *abcd* (fig. XIII, pl. 4), une barre parallèle; la flexion sera $\frac{l^3}{a d^3}$, *d* étant la hauteur *ef;* pour la barre

ahic, nous aurons $\frac{l^3}{a\,d'^3}$, d' étant la hauteur *eg*. Rejetant l^3 et a, qui sont les mêmes dans les deux quantités, les élasticités des deux barres seront :: $d^3 : d'^3$, et la raideur additionnelle produite par la hauteur *fg*, sera $d^3 - d'^3 = E$.

Maintenant, supposons qu'au lieu de la partie rectangulaire *bhid*, on ajoute les deux parties demi-elliptiques *fgh*, *fgi*; la raideur additionnelle E sera alors diminuée dans le rapport de l'augmentation éprouvée par la barre au moyen des deux demi-ellipses, au lieu de la partie rectangulaire *hbid*; par conséquent les raideurs des barres rectangulaires et elliptiques seront, comme nous l'avons vu précédemment :: 41 : 33. Mais ce rapport doit varier suivant la forme que prend la partie elliptique lors de la fabrication du rail. Cependant, si la partie inférieure du rail, ou la courbe *hfi* était une ellipse exacte, et si les côtés *ac*, *bd* étaient parfaitement parallèles, nous pourrions calculer la raideur relative des deux barres, c'est-à-dire celle du rectangle *abcd*, et celle de la barre elliptique *ahfic*. Mais nous avons vu que dans la fabrication, la ligne terminant la partie inférieure, n'est pas une ellipse exacte; en outre, bien que la ligne *ahfic* du rail elliptique, ait généralement la forme indiquée par la formule de M. Barlow, ou celle d'une ellipse parfaite, nous savons que la largeur latérale varie beaucoup; il en est de même de largeur et de la hauteur de la côte inférieure. Comme cette question est d'une très grande importance, nous allons donner le résultat d'une série d'expériences sur la flexion de différentes formes de rails parallèles et de rails elliptiques. Ces expériences ont eu pour but de

résoudre la question dont nous venons de nous occuper. Nous sommes très disposé à nous fier à ce moyen de déterminer la raideur relative, bien qu'il soit probable que le mode employé pour fabriquer les rails elliptiques, puisse altérer leur raideur en diverses parties, et donner un résultat différent de celui déduit de la théorie.

---

§ IV. — EXPÉRIENCES SUR LA RAIDEUR COMPARATIVE DE DIFFÉRENTES SECTIONS DE RAILS.

Les expériences suivantes ont été faites pour déterminer la flexibilité de différentes sections de rails. Les poids ont été appliqués au moyen d'une romaine; la flexion se mesurait à l'aide d'une vis micrométrique, dont le pas avait $\frac{1}{17}$ de pouce, et d'un cadran indiquant la soixante-quatrième partie de la révolution de la vis, c'est-à-dire la $\frac{1}{1088}$ partie de chaque flexion. Pour ces expériences, on avait construit une forte charpente sur laquelle les chairs furent fixés. Les rails étaient maintenus dans les chairs au moyen de coins semblables à ceux qui sont employés, lorsque les rails sont posés sur le chemin de fer.

Dans toutes ces expériences, la distance des supports était exactement de 3 pieds d'axe en axe; mais comme chaque extrémité de rail reposait sur le chair, nous avons relaté à chaque expérience la largeur de la base du chair, de manière à donner exactement la longueur de la portée. Nous avons également indiqué si les supports étaient fixes ou libres. Lorsqu'ils étaient libres, les deux extrémités seulement des trois pieds de longueur

soumis à l'expérience, étaient maintenues soigneusement dans les deux chairs formant supports ; et lorsqu'ils étaient fixes, le rail entier était *coincé* fortement dans chaque chair, et toutes les autres divisions du rail, ou tous les chairs placés à distance de 3 pieds, étaient arrêtés sur la charpente.

La première colonne des tables indique en cwts (*) le poids appliqué au milieu du rail; dans la deuxième colonne, se trouvent les flexions au milieu du rail, lorsque le poids y est encore; dans la troisième colonne, sont inscrites les flexions prises après l'enlèvement du poids.

On trouve également dans les tables, les flexions produites par une nouvelle application du poids. Ainsi, dans la table I, les poids ont été successivement appliqués jusqu'à 68 cwts, alors la flexion fut trouvée égale à 0,0386 d'un pouce. Les poids furent ensuite enlevés, et l'on ne remarqua pas de flexion permanente; les poids furent appliqués de nouveau, et l'on trouva la même flexion que précédemment. Ce résultat se représenta pendant les cinq premières pesées, mais la sixième étant portée à 102 cwts, la flexion fut de 0,0615 ; on enleva les poids, et l'on trouva une flexion permanente de 0,0027. Les poids furent appliqués de nouveau, et l'on trouva une flexion plus grande que la première fois, c'est-à-dire 0,00624 ; le rail se trouvait par conséquent altéré.

La troisième colonne de chaque série d'expériences, indique la flexion correspondant à chaque addition de 17 cwts.

(*) Un cwt équivaut à un 20e de tonne. La tonne anglaise pesant 1,015 kil. 65, un cwt représente 50 kil. 78.

TABLE I.

Rail en fer forgé (*pl. III, fig.* 7) : longueur totale, 14 pieds 11 pouces $\frac{1}{8}$; 5 divisions; poids, 167 lbs., ou 33 lbs. par yard ; largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{1}{4}$, sur hauteur, 1 pouce; hauteur de la partie centrale, 1 pouce $\frac{15}{16}$, épaisseur, $\frac{5}{8}$ de pouce ; hauteur de la base, $\frac{3}{4}$ de pouce, largeur, $\frac{3}{4}$ de pouce ; hauteur du rail en son milieu, 3 pouces $\frac{11}{16}$, se réduisant par une courbe elliptique, à chaque extrémité à 2 pouces $\frac{3}{8}$; largeur du chair, 3 pouces $\frac{1}{4}$.

SUPPORTS FIXES.							SUPPORTS LIBRES.		
Expériences n° 1.				Expériences n° 2.			Expériences n° 3.		
Poids appliqué en cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts.
17	0,0091	. . .	. . .	0,0091	. . .	. . .	0,0147		
			0,0092			0,0102			0,0147
34	0,0183	. . .	. . .	0,0193	. . .	. . .	0,0294		
			0,0101			0,0110			0,0138
51	0,0284	. . .	. . .	0,0303	. . .	. . .	0,0432		
			0,0102			0,0110			0,0147
68	0,0386	0,0000	. . .	0,0413	0,0000	. . .	0,0579	0,0018	
	0,0386		0,0082	0,0413		0,0055	0,0579		0,0165
85	0,0468	0,0000	. . .	0,0468	0,0000	. . .	0,0744	0,0036	
	0,0468		0,0147	0,0468		0,0156	0,0744		0,0175
102	0,0615	0,0027	. . .	0,0624	. . .	. . .	0,0919	0,0101	
	0,0624		0,0138	0,0634	0,0027	0,0138	0,0956		0,0230
119	0,0753	0,0055	. . .	0,0762	. . .	. .	0,1149	0,0202	
	0,0753		0,0147	0,0762	0,0055	0,0148	0,1149		0,0321
136	0,0900	0,0122	. . .	0,0910	. . .	. . .	0,1470	0,0367	
	0,0910		0,0207	0,0910	0,0091	0,0196	0,1499		0,0331
153	0,1107	0,0165	. . .	0,1106	. . .	. . .	0,1801	0,0615	
	0,1108		0,0019	0,1107	0,0156	0,0018	0,1930		0,0772
170	0,1126	0,0248	. . .	0,1124	. . .	. . .	0,2573	0,1264	
	0,1127		0,0032	0,1127	0,0275	0,0044			
187	0,1158	0,0477	. . .	0,1168	0,0496				
Flèche moyenne par tonne, 0,0123.							*Fl. moy*[e] *par tonne*, 0,014.		

TABLE II.

Rail en fer forgé (*pl. III, fig.* 10) : longueur, 14 pieds 10 pouces; 5 divisions; poids, 157 lbs., soit 32 lbs. par yard; largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{1}{4}$, hauteur, $\frac{3}{4}$ de pouce; hauteur de la partie centrale, 1 pouce $\frac{3}{4}$, largeur, $\frac{3}{4}$ de pouce; hauteur de la base, 1 pouce $\frac{3}{16}$, largeur, 1 pouce; hauteur du rail en son milieu, 3 pouces $\frac{1}{8}$, se réduisant par une courbe elliptique à 2 pouces $\frac{1}{2}$, à la distance de 1 pouce $\frac{1}{2}$ de chaque extrémité; largeur du chair, 3 pouces $\frac{1}{4}$.

	SUPPORTS FIXES.						SUPPORTS LIBRES.		
	Expériences n° 1.			Expériences n° 2.			Expériences n° 3.		
Poids appliqué en cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts.
17	0,0110	. . .	. . .	0,0128	. . .	. . .	0,0174		
			0,0119			0,0091			0,0184
34	0,0229	. . .	. . .	0,0219	. . .	. . .	0,0358		
			0,0138			0,0093			0,0165
51	0,0367	. . .	. . .	0,0312	. . .	. . .	0,0523		
			0,0110			0,0138			0,0175
68	0,0477	0,0018	. . .	0,0450	0,0018	. . .	0,0698	0,0036	
	0,0477		0,0166	0,0450		0,0138	0,0707		0,0193
85	0,0643	0,0036	. . .	0,0588	0,0036	. . .	0,0891	0,0082	
	0,0643		0,0175	0,0588		0,0128	0,0891		0,0219
102	0,0818	0,0073	. . .	0,0716	0,0053	. . .	0,1110	0,0147	
	0,0827		0,0284	0,0726		0,0147	0,1112		0,0048
119	0,1102	0,0128	. . .	0,0863	0,0091	. . .	0,1158	0,0404	
	0,1106		0,0045	0,0882		0,0245	0,1163		0,0132
136	0,1147	0,0367	. . .	0,1108	0,0165	. . .	0,1290	0,1159	
	0,1152		0,0086	0,1112		0,0035	0,1310		0,0184
153	0,1233	0,1102	. . .	0,1143	0,0404	. . .	0,1474	0,1217	
	0,1246		0,0183	0,1147		0,0046			
170	0,1415	0,1268	. . .	0,1189	0,0716				
	Flèche moyenne par tonne, 0,0135						*Fl. moy^e par tonne*, 0,0205.		

La partie inférieure de ce rail et des deux suivants présente à chacune des divisions un renflement de 3 pouces de longueur sur environ $\frac{3}{8}$ de pouce de hauteur. Ce renflement pénètre dans une cavité ménagée dans la base du chair.

TABLE III.

Rail en fer forgé (*pl. III, fig.* 10) : longueur, 14 pieds 8 pouces ; 5 divisions ; poids, 162 lbs., soit 33 lbs. par yard ; largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{3}{16}$; hauteur, 1 pouce ; hauteur de la partie centrale, 1 pouce $\frac{1}{8}$, largeur, $\frac{5}{8}$ de pouce ; hauteur de la base, 1 pouce $\frac{7}{16}$; largeur, $\frac{7}{8}$; hauteur dans le milieu du rail, 3 pouces $\frac{9}{16}$, se réduisant, par une courbe elliptique, à 2 pouces $\frac{7}{8}$, à la distance de 1 pouce $\frac{1}{2}$ de chaque extrémité ; largeur du chair, 3 pouces $\frac{1}{4}$.

	SUPPORTS FIXES.						SUPPORTS LIBRES.		
	EXPÉRIENCES N° 1.			EXPÉRIENCES N° 2.			EXPÉRIENCES N° 3.		
Poids appliqué en cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts
17	0,0064	. . .	. . .	0,0064	. . .	. . .	0,0091		
			0,0110			0,0119			0,0129
34	0,0174	. . .	. . .	0,0183	. . .	. . .	0,0220		
			0,0120			0,0129			0,0120
51	0,0294	. . .	. . .	0,0312	. . .	. . .	0,0340		
			0,0082			0,0110			0,0119
68	0,0376	0,0000	. . .	0,0422	0,0000	. . .	0,0459	0,0000	
	0,0376		0,0111	0,0422		0,0111	0,0459		0,0147
85	0,0487	0,0000	. . .	0,0533	0,0000	. . .	0,0606	0,0000	
	0,0487		0,0119	0,0533		0,0101	0,0606		0,0120
102	0,0606	0,0000	. . .	0,0634	0,0000	. . .	0,0726	0,0018	
	0,0615		0,0092	0,0634		0,0128	0,0707		0,0092
119	0,0698	0,0036	. . .	0,0762	0,0027	. . .	0,0818	0,0036	
	0,0698		0,0083	0,0762		0,0148	0,0836		0,0137
136	0,0781	0,0055	. . .	0,0910	0,0055	. . .	0,0935	0,0073	
	0,0781		0,0138	0,0919		0,0202	0,0935		0,0168
153	0,0919	0,0128	. . .	0,1112	0,0220	. . .	0,1123	0,0211	
	0,0974		0,0204	0,1115		0,0039	0,1130		0,0154
170	0,1123	0,0303	. . .	0,1151	0,0496	. . .	0,1277	0,1156	
	0,1125		0,0038						
187	0,1161	0,0616							
	Flèche moyenne par tonne, 0,013.						*Fl. moy^e par tonne*, 0,015.		

TABLE IV.

Rail en fer forgé (*pl. III, fig.* 10): longueur, 15 pied[s] $\frac{1}{2}$; 5 divisions; poids, 196 lbs., soit 39 lbs. par yard; largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{1}{4}$, hauteur, 1 pouce; hauteur de la partie centrale, 1 pouce $\frac{3}{4}$; largeur, $\frac{5}{8}$ de pouce; hauteur de la base, 1 pouce $\frac{5}{16}$; largeur, 1 pouce; hauteur du rail en son milieu, 4 pouces $\frac{1}{16}$, se réduisant, par une courbe elliptique, à 3 pouces $\frac{3}{8}$, à la distance de 1 pouce $\frac{1}{2}$ de chaque extrémité; largeur du chair, 3 pouces $\frac{1}{2}$.

SUPPORTS FIXES.							SUPPORTS LIBRES.		
Expériences n° 1.				Expériences n° 2.			Expériences n° 3.		
Poids appliqué en cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts
17	0,0036	. . .	. . .	0,0035	. . .	. . .	0,0082		
			0,0074			0,0075			0,0092
34	0,0110	. . .	. . .	0,0110	. . .	. . .	0,0174		
			0,0074			0,0055			0,0111
51	0,0184	. . .	. . .	0,0165	. . .	. . .	0,0285		
			0,0091			0,0083			0,0101
68	0,0275	0,0000	. . .	0,0248	0,0000	. . .	0,0386	0,0000	
	0,0275		0,0073	0,0248		0,0046	0,0386		0,0073
85	0,0358	0,0000	. . .	0,0294	0,0000	. . .	0,0459	0,0027	
	0,0358		0,0074	0,0294		0,0092	0,0459		0,0110
102	0,0432	0,0000	. . .	0,0386	0,0000	. . .	0,0569	0,0055	
	0,0432		0,0064	0,0386		0,0073	0,0569		0,0120
119	0,0496	0,0018	. . .	0,0459	0,0027	. . .	0,0689	0,0110	
	0,0496		0,0083	0,0459		0,0083	0,0698		0,0147
136	0,0579	0,0045	. . .	0,0542	0,0045	. . .	0,0836	0,0184	
	0,0579		0,0091	0,0551		0,0083	0,0836		0,0266
153	0,0670	0,0082	. . .	0,0625	0,0064	. . .	0,1102	0,0303	
	0,0670		0,0120	0,0634		0,0101	0,1106		0,0054
170	0,0790	0,0128	. . .	0,0726	0,0110	. . .	0,1156	0,0716	
	0,0799		0,0175	0,0735		0,0156			
187	0,0965	0,0229	. . .	0,0882	0,1100				
Flèche moyenne par tonne, 0,0085.							*Fl. moy[e] par tonne, 0,0115.*		

TABLE V.

Rail parallèle en fer forgé (*fig.* 1, *pl. IV*) : longueur, 14 pieds 11 pouces $\frac{3}{4}$; 5 divisions; poids, 186 lbs., soit 37 lbs. par yard; largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{1}{4}$; hauteur, $\frac{3}{4}$ de pouce; hauteur de la partie centrale, 1 pouce $\frac{15}{16}$, largeur, $\frac{5}{8}$ de pouce; partie inférieure arrondie, ayant de diamètre 1 pouce $\frac{3}{16}$; hauteur constante sur toute la longueur du rail, 3 pouces $\frac{7}{8}$; largeur du chair, 5 pouces.

	SUPPORTS FIXES.						SUPPORTS LIBRES.		
	Expériences n° 1.			Expériences n° 2.			Expériences n° 3.		
Poids appliqué en cwts.	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts	Flexion pendant l'application du poids	Flexion permanente	Flexion pour l'addition de 17 cwts
17	0,0073	. . .	. . .	0,0064	. . .	. . .	0,0082		
			0,0055			0,0058			0,0091
34	0,0128	. . .	. . .	0,0122	. . .	. . .	0,0173		
			0,0045			0,0061			0,0084
51	0,0173	. . .	. . .	0,0183	. . .	. . .	0,0257		
			0,0066			0,0065			0,0092
68	0,0239	0,0000	. . .	0,0248	0,0000	. . .	0,0349	0,0000	
	0,0239		0,0082	0,0248		0,0064	0,0349		0,0110
85	0,0321	0,0000	. . .	0,0312	0,0000	. . .	0,0459	0,0018	
	0,0321		0,0065	0,0312		0,0074	0,0459		0,0110
102	0,0386	0,0000	. . .	0,0386	0,0000	. . .	0,0569	0,0055	
	0,0386		0,0073	0,0386		0,0073	0,0569		0,0092
119	0,0459	0,0021	. . .	0,0459	0,0021	. . .	0,0661	0,0101	
	0,0459		0,0063	0,0459		0,0083	0,0661		0,0113
136	0,0522	0,0045	. . .	0,0542	0,0045	. . .	0,0774	0,0202	
	0,0522		0,0084	0,0542		0,0064	0,0774		0,0089
153	0,0606	0,0064	. . .	0,0606	0,0055	. . .	0,0863	0,0386	
	0,0606		0,0064	0,0606		0,0064	0,0882		0,0302
170	0,0670	0,0082	. . .	0,0670	0,0073	. . .	0,1165	0,0808	
	0,0670		0,0065	0,0670		0,0102			
187	0,0735	0,0101	. . .	0,0772	0,0110				
	Flèche moyenne par tonne, 0,0076.						*Fl. moye par tonne*, 0,0114.		

TABLE VI.

Rail elliptique N° 1, semblable à celui de l'expérience N° 1. — Longueur, 15 pieds 2 pouces; poids, 39 lbs. par yard.				Portion d'un rail parallèle N° 2, semblable à celui de l'expérience N° 5. Poids, 37 lbs. par yard.		
Poids appliqué en cwts.	Flexion pendant l'application du poids.	Flexion permanente.	Flexion pour l'addition de 17 cwts.	Flexion pendant l'application du poids.	Flexion permanente.	Flexion pour l'addition de 17 cwts.
17	0,0064	. . . .	 0,0092	0,0064		0,0101
34	0,0156	. . . .	 0,0092	0,0165		0,0156
51	0,0248	. . . .	 0,0092	0,0321		0,0101
68	0,0340	. . . .	 0,0110	0,0422		0,0101
85	0,0450 0,0450	0,0000	 0,0111	0,0523 0,0523	0,0000	0,0092
102	0,0561 0,0561	0,0000	 0,0155	0,0615 0,0615	0,0000	0,0129
119	0,0716 0,0716	0,0000	 0,0157	0,0744 0,0744	0,0000	0,0175
136	0,0873 0,0900	0,0036	 0,0309	0,0919 0,0919	0,0042	0,0192
153	0,1182 0,1198	0,09	 0,0169	0,1111 0,1116	0,0257	0,0135
170	0,1351	0,1193	. . . .	0,1246	0,1154	
Flexion moyenne par tonne, 0,0117.				*Flexion moy^e par tonne,* 0,15.		

TABLE VII.

Rail en fer forgé *(pl. III, fig.* 10), pour l'élévation : largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{1}{4}$, hauteur, 1 pouce ; largeur de la partie centrale, $\frac{6}{10}$ de pouce, hauteur, 2 pouces $\frac{1}{2}$; largeur de la base, 1 pouce $\frac{1}{4}$, hauteur, 1 pouce $\frac{1}{2}$; hauteur au milieu du rail, 5 pouces, se réduisant par un demi-ellipse, à 3 pouces $\frac{1}{2}$, à la distance de 2 pouces de chaque extrémité ; largeur du chair, 4 pouces $\frac{1}{2}$; base concave dans le chair avec projection faite demi-circulaire sur le rail, 3 pouces sur $\frac{1}{2}$ pouce.

Poids en cwts.	EXPÉRIENCE N° 1.		EXPÉRIENCE N° 2.		EXPÉRIENCE N° 3.	
	49,3 lbs. par yard.		50,9 lbs. par yard.		50,9 lbs. par yard.	
	Flexion donnée par l'index.	Flexion pour l'addition de 14 cwts.	Flexion donnée par l'index.	Flexion pour l'addition de 14 cwts.	Flexion donnée par l'index.	Flexion pour l'addition de 14 cwts.
20	0,0018		0,0018		0,0014	
34	0,0036	0,0018	0,0045	0,0027	0,0036	0,0022
48	0,0055	0,0019	0,0073	0,0028	0,0064	0,0028
62	0,0082	0,0027	0,0110	0,0037	0,0092	0,0028
76	0,0110	0,0029	0,0156	0,0046	0,0119	0,0027
90	0,0146	0,0036	0,0183	0,0027	0,0146	0,0027
104	0,0174	0,0028	0,0220	0,0037	0,0165	0,0019
118	0,0202	0,0028	0,0247	0,0027	0,0183	0,0018
132	0,0229	0,0027	0,0274	0,0027	0,0202	0,0019
146	0,0257	0,0028	0,0293	0,0019	0,0220	0,0018
160	0,0293	0,0036	0,0321	0,0028	0,0238	0,0018
174	0,0321	0,0028	0,0348	0,0027	0,0257	0,0019
188	0,0339	0,0018	0,0376	0,0028	0,0275	0,0018
202	0,0376	0,0037	0,0404	0,0028	0,0303	0,0028
216	0,0404	0,0028	0,0422	0,0018	0,0330	0,0027
230	0,0440	0,0036	0,0458	0,0036	0,0358	0,0028
	Flexion permanente	0,0018	Flexion permanente	0,0018	Flexion permanente	0,0009
Flexion moyenne avec 10 tonnes 16 cwts	0,0386		*Idem*... 0,0404		*Idem*... 0,0316	

Flexion moyenne par tonne, 0,0055.

TABLE VIII.

Rail parallèle en fer forgé : largeur de la partie supérieure, 2 pouces $\frac{1}{4}$, hauteur, 1 pouce; largeur de la partie centrale, 0,75 de pouce, hauteur, 1,875 de pouce ; largeur de la base, 1 pouce $\frac{1}{4}$, hauteur, 1,125 de pouce; hauteur du rail, 4 pouces; largeur du chair, 4 pouces $\frac{1}{2}$.

Poids en cwts.	EXPÉRIENCE N° 1. 48,47 lbs. par yard. Flexion donnée par l'index.	Flexion pour l'addition de 14 cwts.	EXPÉRIENCE N° 2. 49,4 lbs. par yard. Flexion donnée par l'index.	Flexion pour l'addition de 14 cwts.	EXPÉRIENCE N° 3. 49,4 lbs. par yard. Flexion donnée par l'index.	Flexion pour l'addition de 14 cwts.
20	0,0027		0,0022		0,0022	
34	0,0073	0,0046	0,0055	0,0033	0,0046	0,0024
48	0,0119	0,0046	0,0082	0,0027	0,0092	0,0046
62	0,0165	0,0046	0,0119	0,0037	0,0128	0,0036
76	0,0211	0,0046	0,0146	0,0027	0,0165	0,0037
90	0,0257	0,0046	0,0183	0,0037	0,0192	0,0027
104	0,0294	0,0037	0,0220	0,0037	0,0229	0,0037
118	0,0348	0,0054	0,0275	0,0055	0,0266	0,0037
132	0,0385	0,0037	0,0312	0,0037	0,0293	0,0027
146	0,0422	0,0037	0,0339	0,0027	0,0330	0,0037
160	0,0459	0,0037	0,0367	0,0028	0,0367	0,0037
174	0,0505	0,0046	0,0404	0,0037	0,0404	0,0037
188	. . . .	. . . .	0,0449	0,0045		
202 / 216	Flexion permanente	0,0027	0,0477 / 0,0541	0,0028 / 0,0064	Point de flexion perman^{e}.	
230			0,0624	0,0083		
				0,0110		
Flexion moyenne avec 8 tonnes.		0,0432	*Idem*...	0,0345	*Idem*...	0,0345

Flexion moyenne par tonne, 0,0046.

TABLE IX.

Expériences faites à Woolwich, par M. Barlow, pour obtenir la force et la raideur du rail parallèle double T du railway de North-Union. (*Planche* 6, *figure XIII.*) — Poids par yard, 62 lbs.; aire de la section, 6 pouces; hauteur, 4 pouces $^1/_2$.

NOTA.

Nous avons donné ces expériences précédemment, page 142, *dans le deuxième Mémoire de M. Barlow.*

TABLE X.

Expériences faites par M. Barlow, sur le rail elliptique de M. Stephenson. — Poids, 50 lbs. par yard; plus grande hauteur, 5 pouces; plus petite hauteur, 3 pouces $^5/_4$; épaisseur de la partie centrale, $^9/_{16}$ de pouce; longueur de la portée, 3 pieds.

NOTA.

Nous avons donné ces expériences précédemment dans le premier Mémoire de M. Barlow, page 50.

TABLE XI.

Poids en cwts.	Rail ondulé, comme dans la table VII. — Poids, 49,3 lbs. par yard; distance des supports, 3 pieds 1/8 de pouce. Six chairs fixes et le rail coincé. Flexion donnée par l'index.	Six chairs fixes et le rail coincé. Flexion pour chaque 14 cwt.	Deux chairs fixes et le rail coincé. Flexion donnée par l'index.	Deux chairs fixes et le rail coincé. Flexion pour chaque 14 cwt.	Deux chairs entièrement libres et le rail coincé. Flexion donnée par l'index.	Deux chairs entièrement libres et le rail coincé. Flexion pour chaque 14 cwt.	Rail parallèle, comme dans la table VIII. — Poids, 48,47 lbs. par yard; distance des supports, 3 pieds 1/8 de pouce. Six chairs fixes et le rail coincé. Flexion donnée par l'index.	Six chairs fixes et le rail coincé. Flexion pour chaque 14 cwt.	Deux chairs fixes et le rail coincé. Flexion donnée par l'index.	Deux chairs fixes et le rail coincé. Flexion pour chaque 14 cwt.	Deux chairs entièrement libres et le rail coincé. Flexion donnée par l'index.	Deux chairs entièrement libres et le rail coincé. Flexion pour chaque 14 cwt.
20	0,0018		0,0018		0,0027		0,0027		0,0036		0,0055	
34	0,0036	0,0018	0,0055	0,0037	0,0064	0,0037	0,0073	0,0046	0,0082	0,0046	0,0119	0,0064
48	0,0055	0,0019	0,0101	0,0046	0,0101	0,0037	0,0119	0,0046	0,0128	0,0046	0,0174	0,0055
62	0,0082	0,0027	0,0137	0,0036	0,0137	0,0036	0,0165	0,0046	0,0192	0,0046	0,0247	0,0073
76	0,0110	0,0028	0,0174	0,0037	0,0174	0,0037	0,0211	0,0046	0,0256	0,0046	0,0303	0,0056
90	0,0146	0,0036	0,0211	0,0037	0,0202	0,0028	0,0257	0,0046	0,0330	0,0074	0,0385	0,0082
104	0,0174	0,0028	0,0247	0,0036	0,0247	0,0045	0,0312	0,0055	0,0395	0,0065	0,0458	0,0073
118	0,0202	0,0028	0,0284	0,0037	0,0284	0,0037	0,0348	0,0036	0,0477	0,0082	0,0477	0,0019
132	0,0239	0,0027	0,0320	0,0036	0,0311	0,0027	0,0395	0,0047				
146	0,0257	0,0028	0,0348	0,0028	0,0357	0,0046	0,0431	0,0036				
160	0,0293	0,0036	0,0385	0,0037	0,0394	0,0037	0,0458	0,0027				
174	0,0321	0,0028	0,0422	0,0037	0,0422	0,0028	0,0505	0,0047				
Flexion moyenne par tonne,		0,0032	0,0043		0,0042		0,0051		0,0073		0,0071	

TABLE XII.

Ancien rail parallèle de Dublin. — Longueur des portées, 3 pieds; haut^{r}, 3 pouces 1/4; larg^{r} à la base, 2 pouces; larg^{r} à la partie supérieure, 2 pouces 1/2; long^{r}, 15 pieds; poids, 45 lbs. par yard.

Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion par demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,011		
		0,013	
6	0,024		
		0,007	
9	0,031		
		0,009	
12	0,040		
		0,011	
15	0,051		
		0,006	
18	0,057		
		0,011	
21	0,068		
		0,009	
24	0,077		0,001
		0,010	
27	0,087		0,002
		0,010	
30	0,097		0,003
		0,010	
33	0,107		0,004
		0,011	
36	0,118		0,008
		0,013	
39	0,131		0,011
		0,020	
42	0,151		0,019
		0,017	
45	0,168		0,027
		0,026	
48	0,194		0,047
		0,052	
51	0,246		0,100

Flexion moyenne par tonne, 0,019.

Même rail, renversé de manière que la base inférieure soit en haut. — Longueur des portées, 3 pieds.

13 mai 1835.

Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion par demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,014		
		0,009	
6	0,023		
		0,006	
9	0,029		
		0,008	
12	0,037		
		0,012	
15	0,049		
		0,009	
18	0,058		
		0,009	
21	0,067		
		0,009	
24	0,076		0,002
		0,011	
27	0,087		0,003
		0,005	
30	0,092		0,004
		0,008	
33	0,100		0,006
		0,011	
36	0,111		0,008
		0,012	
39	0,123		0,012
		0,015	
42	0,138		0,018
		0,019	
45	0,157		0,030
		0,029	
48	0,186		0,051
		0,052	
51	0,238		0,095

Flexion moy^{e} par tonne, 0,018.

TABLE XIII.

Rail ondulé de M. Stephenson. — Poids, 44 lbs. par yard ; portée, 3 pieds ; hauteur au milieu, 4 pouces ½, et aux extrémités, 3 pouces ¼.				Même rail, renversé.		
Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion pour chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion pour chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,008			0,009		
6	0,018	0,010		0,019	0,010	
9	0,026	0,008		0,027	0,008	
12	0,036	0,010		0,035	0,008	
15	0,045	0,009		0,042	0,007	
18	0,054	0,009		0,051	0,009	
21	0,062	0,008		0,057	0,006	
24	0,070	0,008		0,065	0,008	
27	0,076	0,006		0,072	0,007	
30	0,084	0,008		0,079	0,007	
33	0,091	0,007		0,086	0,007	
36	0,099	0,008	0,003	0,094	0,008	0,004
39	0,109	0,010	0,004	0,103	0,009	0,004
42	0,116	0,007	0,004	0,111	0,008	0,006
45	0,125	0,009	0,005	0,122	0,011	0,007
48	0,135	0,010	0,007	0,130	0,008	0,010
51	0,148	0,013	0,012	0,143	0,013	0,014
54	0,162	0,014	0,018	0,158	0,015	0,022
57	0,180	0,018	0,029	0,183	0,025	0,040
60	0,238	0,058	0,078	0,280	0,097	0,121
81	déformé.		1,280	déformé.		1,280
Flexion par tonne, 0,0166.				*Flexion par tonne*, 0,0154.		

TABLE XIV.

Rail parallèle double T, de M. Locke, pour le railway de grande jonction. — Poids, 62 lbs. par yard; longueur des portées, 3 pieds; hauteur, 4 pouces $^1/_2$.

Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,006			0,005		
6	0,010	0,004		0,010	0,005	
9	0,014	0,004		0,013	0,003	
12	0,017	0,003		0,017	0,004	
15	0,021	0,004		0,022	0,005	
18	0,024	0,003		0,024	0,002	
21	0,028	0,004		0,028	0,004	
24	0,032	0,004		0,032	0,004	
27	0,035	0,003		0,035	0,003	
30	0,039	0,004		0,039	0,004	
33	0,042	0,003		0,042	0,003	
36	0,044	0,002		0,046	0,004	
39	0,048	0,004		0,050	0,004	
42	0,055	0,007		0,054	0,004	
45	0,060	0,005		0,058	0,004	
48	0,064	0,004		0,062	0,004	
51	0,069	0,005	0,002	0,065	0,003	0,001
54	0,074	0,005		0,070	0,005	
57	0,079	0,005		0,074	0,004	
60	0,084	0,005	0,004	0,078	0,004	0,003
63	0,088	0,004		0,084	0,006	
66	0,092	0,004		0,089	0,005	
69	0,102	0,010		0,098	0,009	0,015
	et après un repos de 5 minutes :				repos.	
	0,108			0,100		
72	. . .	. . .	. . .	0,113		
75	. . .	. . .	. . .	0,134		
84	. . .	. . .	. . .	0,166		
				0,250	repos.	0,172

Flexion par tonne, 0,0077. — *Flexion par tonne*, 0,0075.

TABLE XV.

Rail parallèle double T, de M. Locke, pour le railway de grande jonction. — 62 livres par yard; 5 pieds de portée; hauteur, 4 pouces $^1/_2$.

Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,017		
6	0,034	0,017	
9	0,051	0,017	
12	0,070	0,019	
15	0,086	0,016	
18	0,104	0,014	
21	0,123	0,019	
24	0,140	0,017	
27	0,158	0,018	0,003
30	0,177	0,019	0,003
33	0,198	0,021	0,004
36	0,216	0,018	0,005
39	0,232	0,016	0,006
42	0,255	0,023	0,009
45	0,292	0,037	0,027
Poids enlevé et le rail laissé en repos pendant quelques instants.			
33	0,187		0,003
36	0,217	0,030	0,015
Poids enlevé de nouveau.			
30	0,177		0,001
33	0,194	0,017	0,002
36	0,222	0,028	0,004
39	0,245	0,023	0,007
42	0,264	0,019	0,010
45	0,292	0,028	0,026

Flexion par tonne, 0,034.

Rail parallèle double T, de M. Locke, pour le railway de grande jonction. — Portées, 3 pieds 9 pouces; hauteur, 4 pouces $^1/_2$.

Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,009		
6	0,020	0,011	
9	0,026	0,004	
12	0,033	0,007	
15	0,041	0,008	
18	0,049	0,008	
21	0,058	0,009	
24	0,066	0,008	
27	0,074	0,008	
30	0,082	0,008	
33	0,088	0,006	
36	0,097	0,009	0,001
39	0,105	0,008	0,002
42	0,114	0,009	0,003
45	0,123	0,009	0,004
48	0,133	0,010	0,008
51	0,144	0,011	0,010
54	0,159	0,015	0,016
57	0,180	0,021	0,028
60	0,232	0,052	0,068

Flexion par tonne, 0,0154.

TABLE XVI.

Rail parallèle double T, de M. Locke, pour le railway de grande jonction. — 62 livres par yard; 4 pieds $^1/_2$ de portée ; 4 pouces $^1/_2$ de hauteur.

Poids sur la presse.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,013			0,012		
6	0,024	0,011		0,022	0,010	
9	0,034	0,010		0,030	0,008	
12	0,044	0,010		0,038	0,008	
15	0,052	0,008		0,045	0,007	
18	0,060	0,008		0,054	0,009	
21	0,069	0,009		0,069	0,008	
24	0,075	0,006		0,068	0,006	
27	0,081	0,006		0,075	0,007	
30	0,092	0,011	0,001	0,084	0,009	
33	0,101	0,009	0,002	0,096	0,012	
36	0,110	0,009	0,003	0,106	0,016	0,001
39	0,123	0,013	0,006	0,120	0,014	0,006
42	0,132	0,009	0,011	0,149	0,029	0,011
45	0,150	0,018	0,022	0,162	0,013	0,018
48	0,190	0,040	0,051	0,187	0,025	0,031
51	0,264	0,074	0,118	0,240	0,053	0,037
54	0,400	0,136	0,240	0,333	0,095	0,162
57	0,550	0,150	0,383	0,470	0,035	0,281
60				0,640	0,170	0,433
Flexion par tonne, 0,017.				*Flexion par tonne,* 0,0168.		

TABLE XVII.

Même rail parallèle de grande jonction. — 62 livres par yard; 3 pieds de portée avec la base réduite à 1 pouce $^1/_2$, au moyen d'une entaille faite au ciseau. L'expérience a été faite après que le rail a été chauffé et refroidi.

Poids sur le levier.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,004			0,004		
6	0,007	0,003		0,006	0,002	
9	0,012	0,005		0,010	0,004	
12	0,016	0,004		0,013	0,003	
15	0,020	0,004		0,015	0,002	
18	0,024	0,004		0,019	0,004	
21	0,028	0,004		0,021	0,002	
24	0,029	0,001		0,024	0,003	
27	0,033	0,004		0,027	0,003	
30	0,035	0,002		0,031	0,004	
33	0,039	0,004		0,034	0,003	
36	0,042	0,003		0,037	0,003	
39	0,047	0,005		0,040	0,003	
42	0,052	0,005		0,043	0,003	
45	0,056	0,004	0,002	0,047	0,004	0,002
48	0,061	0,005	0,003	0,052	0,005	0,003
51	0,065	0,004	0,004	0,057	0,005	0,005
54	0,070	0,005	0,005	0,061	0,004	0,007
57	0,078	0,008	0,008	0,067	0,006	0,010
60	0,085	0,007	0,016	0,075	0,008	0,014
63	0,100	0,015	0,026	0,090	0,015	0,027
66	0,123	0,023	0,046	0,105	0,015	0,038
69	0,170	0,047	0,088	0,130	0,025	0,060
72	0,220	0,050	0,134	0,167	0,037	0,095
75	0,285	0,065	0,200	0,215	0,048	0,137
78	0,360	0,075	0,270	0,276	0,061	0,197
81	0,446	0,086	0,360	0,355	0,079	0,274
84	0,530	0,094	0,440	0,450	0,095	0,368
	Flexion par tonne, 0,0074.			*Flexion par tonne*, 0,006.		

TABLE XVIII.

Rail elliptique. — 30 livres par yard (*planche* 5, *fig. XVIII*); 3 pieds de portée; hauteur au milieu, 4 pouces; hauteur aux extrémités, 2 pouces $^{3}/_{4}$.

Poids sur la presse.	EXPÉRIENCE N° 1.			EXPÉRIENCE N° 2.			EXPÉRIENCE N° 3. (*Même rail renversé.*)		
	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
lb.									
3	0,010			0,008			0,007		
6	0,020	0,010		0,016	0,008		0,013	0,006	
9	0,026	0,006		0,024	0,008		0,020	0,007	
12	0,032	0,006		0,028	0,004		0,025	0,005	
15	0,042	0,010		0,037	0,009		0,030	0,005	
18	0,050	0,008		0,043	0,006		0,036	0,006	
21	0,056	0,006		0,050	0,007		0,042	0,006	
24	0,063	0,007		0,056	0,006		0,048	0,006	
27	0,070	0,007		0,063	0,007		0,056	0,008	
30	0,075	0,005		0,068	0,005		0,063	0,005	
33	0,082	0,007		0,077	0,009	0,001	0,070	0,007	0,001
36	0,094	0,012	0,005	0,080	0,008	0,003	0,080	0,010	0,004
39	0,104	0,010	0,010	0,092	0,012	0,006	0,089	0,009	0,006
42	0,111	0,007	0,010	0,100	0,008	0,007	0,098	0,009	0,008
45	0,120	0,009	0,011	0,110	0,010	0,009	0,110	0,012	0,012
48	0,126	0,006	0,011	0,124	0,014	0,014	0,118	0,008	0,020
51	0,137	0,011	0,017	0,146	0,022	0,030	0,135	0,017	0,032
54	0,156	0,019	0,023	{0,206	0,060	0,084	0,160	0,025	0,054
57	0,183	0,027	0,047	0,209}		0,139	0,220	0,060	0,106
60	0,230	0,047	0,086	0,274	0,065	0,259	0,295	0,075	0,176
63	0,304	0,074	0,154	0,390	0,116		0,450	0,055	0,317
66	0,404	0,100	0,244				0,630	0,080	0,492
72									
81	1,660		1,480	2,160		1,960	1,640		1,480
	Flexion par tonne, 0,0144			*Idem*.... 0,0133.			*Idem*.... 0,0125.		

TABLE XIX.

Rail elliptique de Liverpool à Manchester. — Poids, 35 livres par yard ; portées, 3 pieds ; hauteur au milieu, 3 pouces $^1/_2$; hauteur aux extrémités, 2 pouces $^1/_2$. (*Planche* 5, *fig. XVII.*)

Poids sur la presse.	EXPÉRIENCES N° 1.			EXPÉRIENCES N° 2.		
	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,018			0,013		
		0,012			0,012	
6	0,030			0,025		
		0,014			0,011	
9	0,044			0,036		
		0,015			0,015	
12	0,059			0,051		
		0,012			0,015	
15	0,071		0,001	0,066		
		0,018			0,012	
18	0,089		0,004	0,078		0,001
		0,014			0,014	
21	0,103		0,005	0,092		0,003
		0,016			0,013	
24	0,119		0,006	0,105		0,004
		0,013			0,016	
27	0,134		0,009	0,121		0,006
		0,022			0,017	
30	0,156		0,016	0,138		0,013
		0,023			0,019	
33	0,179		0,028	0,157		0,019
		0,083			0,028	
36	0,262		0,098	0,185		0,033
		0,080			0,049	
39	0,342		0,167	0,234		0,069
					0,112	
42				0,346		0,167
	Flexion par tonne, 0,265.			*Flexion par tonne*, 0,025.		

TABLE XX.

Rail parallèle de Liverpool à Manchester. — Poids, 50 livres ; portée, 3 pieds ; hauteur, 3 pouces $^5/_8$.

Poids sur la presse.	EXPÉRIENCE N° 1. *(Rail renversé.)*			EXPÉRIENCE N° 2. *(Rail non renversé.)*		
	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,012			0,008		
6	0,023	0,011		0,016	0,008	
9	0,031	0,008		0,023	0,007	
12	0,038	0,007		0,031	0,008	
15	0,046	0,008		0,037	0,006	
18	0,054	0,008		0,045	0,008	
21	0,059	0,005		0,049	0,004	
24	0,066	0,007		0,060	0,011	
27	0,074	0,008		0,067	0,007	
30	0,084	0,010	0,002	0,076	0,009	0,001
33	0,092	0,008	0,005	0,086	0,010	0,002
36	0,103	0,011	0,010	0,097	0,011	0,006
39	0,122	0,019	0,020	0,122	0,025	0,020
42	0,166	0,044	0,058	0,190	0,068	0,085
45	0,235	0,069	0,119	0,330	0,040	0,223
48	0,335	0,100	0,207	0,504	0,174	0,387
51	0,434	0,099	0,313	0,700	0,196	0,575
66	1,929		1,760	2,780		2,620
	Flexion par tonne, 0,0155.			*Flexion par tonne,* 0,0147.		

TABLE XXI.

Rail parallèle de Liverpool à Manchester (*fig. XVIII, planche* 7). — 60 livres par yard ; portées de 3 pieds 9 pouces ; hauteur, 4 pouces.

Poids sur la presse.	EXPÉRIENCE N° 1.			EXPÉRIENCE N° 2.		
	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,010			0,009		
6	0,019	0,009		0,016	0,007	
9	0,025	0,006		0,024	0,008	
12	0,033	0,008		0,030	0,006	
15	0,039	0,006		0,036	0,006	
18	0,046	0,007		0,045	0,009	
21	0,053	0,007		0,051	0,006	
24	0,060	0,007		0,058	0,007	
27	0,066	0,006		0,064	0,006	
30	0,074	0,008	0,001	0,072	0,008	
33	0,082	0,008	0,002	0,080	0,008	
36	0,088	0,006	0,002	0,087	0,007	
39	0,097	0,009	0,003	0,096	0,009	0,009
42	0,104	0,007	0,004	0,099	0,003	0,012
45	0,110	0,006	0,006	0,108	0,009	0,016
48	0,119	0,009	0,009	0,118	0,010	0,020
51	0,123	0,004	0,016	0,129	0,011	0,024
54	0,130	0,007	0,021	0,141	0,012	0,030
57	0,145	0,015	0,032	0,160	0,019	0,040
60	0,184	0,039	0,065	0,180	0,020	0,059
63	0,243	0,059	0,122	0,230	0,050	0,108
66	0,323	0,080	0,197	0,310	0,080	0,183
75				0,663	0,353	0,320
84				1,190		1,035
	Flexion par tonne, 0,014.			*Flexion par tonne,* 0,014.		

TABLE XXII.

Rail parallèle de Liverpool à Manchester (*fig. XVIII, pl. 7*). — Poids, 60 lbs. par yard ; portée de 4 pieds $\frac{1}{2}$; hauteur, 4 pouces.

Poids sur la presse.	Expérience N° 1.			Expérience n° 2.		
	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
3 lbs.	0,021	. . .	. . .	0,016		
		0,011			0,016	
6	0,032	. . .	. . .	0,032		
		0,012			0,013	
9	0,044	. . .	. . .	0,045		
		0,014			0,013	
12	0,058	. . .	. . .	0,058		
		0,011			0,013	
15	0,069	. . .	. . .	0,071		
		0,011			0,012	
18	0,080	. . .	. . .	0,083		
		0,008			0,012	
21	0,092	. . .	. . .	0,095		
		0,010			0,012	
24	0,102	. . .	. . .	0,107	. . .	0,001
		0,014			0,013	
27	0,116	. . .	. . .	0,120	. . .	0,001
		0,010			0,012	
30	0,126	. . .	0,002	0,132	. . .	0,004
		0,014			0,015	
33	0,140	. . .	0,003	0,147	. . .	0,008
		0,018			0,021	
36	0,158	. . .	0,010	0,168	. . .	0,018
		0,034			0,035	
39	0,192	. . .	0,033	0,203	. . .	0,042
		0,098			0,087	
42	0,296	. . .	0,123	0,290	. . .	0,121
		0,134			0,146	
45	0,424	. . .	0,246	0,436	. . .	0,257
		0,243			0,234	
48	0,667	. . .	0,470	0,670	. . .	0,471
	Flexion par tonne, 0,023.			*Flexion par tonne*, 0,026.		

TABLE XXIII.

Rail parallèle de Liverpool à Manchester ***(fig. 18, pl. VII)*****; expérience N° 1, poids, 60 1/2 lbs. par yard; expériences N°s 2 et 3, poids, 50 1/2 lbs. par yard. — Dans l'expérience N° 3, le rail est retourné. — Portées de 3 pieds; hauteur, 4 pouces.**

Poids sur la presse.	Expériences N° 1.			Expériences N° 2.			Expériences N° 3.		
	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.	Flexion observée.	Flexion par chaque demi-tonne.	Flexion permanente.
lbs.									
3	0,005	0,005		0,008	0,009		0,005	0,012	
6	0,010	0,007		0,017	0,009		0,017	0,009	
9	0,017	0,004		0,026	0,006		0,026	0,007	
12	0,021	0,005		0,032	0,008		0,033	0,007	
15	0,026	0,005		0,040	0,008		0,040	0,006	
18	0,031	0,006		0,048	0,007		0,046	0,009	
21	0,037	0,005		0,055	0,007		0,055	0,005	
24	0,042	0,006		0,062	0,006		0,060	0,007	
27	0,048	0,004		0,068	0,008		0,067	0,007	
30	0,052	0,006		0,076	0,006		0,074	0,011	0,002
33	0,058	0,005		0,082	0,009		0,085	0,010	
36	0,063	0,006		0,091	0,011	0,005	0,095	0,016	0,008
39	0,069	0,006		0,102	0,014	0,010	0,111	0,021	0,017
42	0,075	0,005		0,116	0,023	0,016	0,132	0,031	0,030
45	0,080	0,007	0,001	0,139	0,019	0,032	0,163	0,047	0,052
48	0,087	0,007	0,001	0,158	0,037	0,045	0,210	0,058	0,095
51	0,094	0,006	0,004	0,195	0,063	0,075	0,268	0,072	0,138
54	0,100	0,012	0,005	0,258	0,112	0,130	0,340	0,088	0,213
57	0,112	0,020	0,013	0,370		0,234	0,428		0,300
60	0,132	0,030	0,025						
63	0,162	0,028	0,049						
66	0,190	0,054	0,086						
69	0,244		0,140						
Flexion par tonne : 0,0107.				0,014.			0,153.		

La table suivante contient les résultats de quelques unes des expériences précédentes.

TABLE XXIV.

RAILS PARALLÈLES.					RAILS ELLIPTIQUES.				
Numéros des expériences.	Poids du rail par yard et en livres.	Hauteur au milieu du rail, en pouces.	Longueur en pouces des portées.	Flexion.	Numéros des expériences.	Poids du rail par yard et en livres.	Hauteur au milieu du rail, en pouces.	Longueur en pouces des portées.	Flexion.
V.	37	$3\frac{7}{8}$	31	0,0114	I.	33	$3\frac{11}{16}$	$32\frac{3}{4}$	0,014
VI.	37	$3\frac{7}{8}$	31	0,013	II.	32	$3\frac{1}{8}$	$32\frac{3}{4}$	0,0205
XII.	45	$3\frac{1}{4}$	36	0,019 0,018	III.	33	$3\frac{9}{16}$	$32\frac{3}{4}$	0,015
XI.	50	4	$31\frac{1}{2}$	0,0051	XIX.	35	$3\frac{1}{2}$	36	0,0265 0,025
VIII.	50	4	$31\frac{1}{2}$	0,0046	IV.	39	$4\frac{1}{16}$	$32\frac{1}{2}$	0,0115
XX.	50	$3\frac{5}{8}$	36	0,0155 0,0147	VI.	39	$4\frac{1}{16}$	$32\frac{1}{2}$	0,0117
XXI.	50	4	45	0,014	XIII.	44	$4\frac{1}{2}$	36	0,0166 0,0154
XXII.	50	4	54	0,023 0,026	VII.	50	5	$31\frac{1}{2}$	0,0035
XXIII.	50	4	36	0,014	XI.	50	5	$31\frac{1}{2}$	0,0032 0,0043 0,0042
	60	4	36	0,0107					
IX.	60	$4\frac{1}{2}$	36	0,005					
XIV.	62	$4\frac{1}{2}$	36	0,0077 0,0075	X.	50	5	36	0,0097 0,0101 0,0110 0,0090
XVII.	62	$4\frac{1}{2}$	36	0,0074 0,006	XVIII.	50	4	36	0,0144 0,0133
XV.	62	$4\frac{1}{2}$	45	0,0154					
			60	0,034					

Pour comparer entre elles les raideurs des rails parallèles, et celles des rails elliptiques, il sera nécessaire de réduire toutes les expériences à la même longueur de portée. Nous avons, en conséquence, dressé la table suivante, dans laquelle la flexion est ramenée à celle résultant d'une portée de trente-six pouces. Nous n'avons compris dans cette table que les expériences qui pouvaient être comparées; nous nous sommes borné à donner le résultat moyen de chaque expérience.

TABLE XXV.

RAILS PARALLÈLES.				RAILS ELLIPTIQUES.			
Numéros des expériences.	Poids du rail par yard et en livres.	Hauteur au milieu du rail, en pouces.	Flexion.	Numéros des expériences.	Poids du rail par rail et en livres.	Hauteur au milieu du rail, en pouces.	Flexion.
V.	37	$3\frac{7}{8}$	0,0181	I.	33	$3\frac{11}{16}$	0,0189
VI.	37	$3\frac{7}{8}$	0,0204	II.	32	$3\frac{1}{8}$	0,0277
XII.	45	$3\frac{1}{4}$	0,0185	III.	33	$3\frac{9}{16}$	0,0203
VIII.	50	4	0,0070	XIX.	35	$3\frac{1}{2}$	0,0257
XI.	50	4	0,0077	IV.	39	$4\frac{1}{16}$	0,0158
XX.	50	$3\frac{5}{8}$	0,0150	VI.	39	$4\frac{1}{16}$	0,0160
XXIII.	50	4	0,0140	XIII.	44	$4\frac{1}{2}$	0,0160
IX.	60	$4\frac{1}{2}$	0,0050	VII.	50	5	0,0053
XXIII.	60	4	0,0107	XI.	50	5	0,0059
XIV.	62	$4\frac{1}{2}$	0,0076	X.	50	5	0,010
XVII.	62	$4\frac{1}{2}$	0,0067	XVIII.	50	4	0,0138

En examinant la table précédente, et en comparant les résultats avec les différentes surfaces des sections des deux espèces de rails, on trouvera qu'avec le même poids par yard, le rail elliptique est plus rigide que le rail parallèle. Les deux sections qui paraissent le plus s'approcher, sont, pour le rail elliptique, celles des n^{os} VII et XI, et, pour le rail parallèle, celles des n^{os} XIV et XVII; mais en examinant la section de ces derniers rails, on verra que la base est beaucoup plus large que celle qui donnerait le plus de force avec le moins de métal. Ce fait est prouvé par les expériences relatées dans la table XVII, et dans lesquelles on réduisit la largeur de la base du rail, et par conséquent son poids, sans produire un effet sensible sur la raideur du rail. De ces expériences, on pourrait conclure qu'en adoptant la forme elliptique, et, par conséquent, en donnant au milieu du rail une plus grande hauteur, on obtiendrait avec le même poids de matière, une plus grande raideur qu'avec le rail parallèle éprouvé au milieu de sa longueur. Cependant, en pratique, on a trouvé que le rail elliptique ne s'altérait pas au milieu, mais à environ 9 pouces du support, ou à peu près à un quart de la longueur de la portée.

Ce fait a été remarqué sur les premiers rails posés au chemin de Liverpool à Manchester, et plus particulièrement sur d'autres railways où nous avons été à même d'observer que tous les rails rompus présentaient la fracture à 7 ou 9 pouces du support. Il en résulterait qu'indépendamment du degré de force existant suffisamment au milieu du rail, l'action des voitures exige qu'il soit donné aux parties avoisinant les points d'appui, une force plus grande que celle nécessaire pour

supporter les fardeaux sans altération ; il serait mieux de donner à ces parties une force plus considérable que celle de tous les autres points du rail. Cette addition de force ne concerne que les rails trop faibles ou de mauvaise qualité ; si on emploie des rails plus forts, comme cela doit nécessairement avoir lieu, l'adoption de la forme elliptique procurera alors une certaine économie dans la quantité de matière (*).

Indépendamment de la raideur relative des différentes sections de rails, les expériences précédentes indiquent la différence de résistance que présente un rail, selon que les supports sont *libres* ou *fixes*. Comme nous l'avons dit précédemment, nous avons entendu par ***supports libres***, le cas où la division du rail en expérience, était seule fixée dans les deux chairs placés à ses extrémités ; ces chairs étaient arrêtés sur la charpente servant aux expériences ; et par ***supports fixes***, le cas où toutes les autres divisions du rail étaient coincées dans des chairs arrêtés sur la charpente. Le résultat indique une grande augmentation de raideur en faveur des supports fixes, et les avantages d'employer de longs rails ; on doit également en conclure la nécessité de fixer le rail dans les chairs, de manière à former un ensemble bien relié, et à empêcher les extrémités du rail de s'élever au-dessus du plafond du chair.

(*) L'un des principaux avantages du rail parallèle, c'est de pouvoir placer les chairs en un point quelconque de leur longueur; on est alors à même d'avoir les portées près les joints plus petites que les autres ; disposition reconnue indispensable, et maintenant adoptée sur presque tous les chemins de fer.

(*Note du traducteur.*)

Ayant ainsi déterminé la raideur relative et réelle des différentes sections de rails, nous allons chercher de combien un rail peut fléchir, sans augmenter la résistance à la traction des voitures.

---

§ V. — RECHERCHES SUR L'AUGMENTATION DE RÉSISTANCE QUE LA FLEXION DES RAILS PRODUIT A LA TRACTION DES VOITURES.

Lorsque les rails en fer forgé commencèrent à être employés, on leur objecta qu'ils produisaient à la traction des voitures, plus de résistance que les rails en fonte. L'expérience faite sur quelques chemins, venait à l'appui de cette objection. En effet, les premiers rails étant beaucoup trop faibles pour les efforts auxquels ils étaient soumis, on pensa que l'augmentation de résistance à la traction, provenait de la nature de la matière, et non de la courbure du rail produite par un manque de force.

Nous avons fait les expériences relatées ci-après, pour reconnaître :

1° Si la nature de la matière peut influer sur la résistance à la traction ;

Et 2° à quel effort on peut soumettre les rails en fer sans augmenter cette résistance.

On prit, sur deux chemins de fer en activité, des rails en fer et des rails en fonte, dont la surface supérieure se trouva dès-lors avoir été polie par l'usage. On en forma deux voies parallèles ; les rails étaient posés sur les mêmes traverses, et assez près les uns des

autres pour qu'une paire de roues pût facilement être transportée d'une voie sur l'autre. Deux roues jointes par un essieu, et provenant de l'une des voitures en activité, furent alors placées sur l'une de ces voies; on chargea alors ces roues avec des poids qu'on pouvait varier à volonté, et qui furent mis à l'extrémité de la circonférence. Ces roues, ainsi disposées, devinrent une espèce de pendule. Le centre de gravité, au lieu d'être au centre de la roue, se trouvait près de la circonférence; ainsi, les roues ne devaient rester au repos, que dans le cas où le centre de gravité se trouvait sur la verticale passant par le centre de l'essieu, c'est-à-dire lorsque le rail se trouvait en contact avec le point de la circonférence où avait été mis le poids additionnel. Le mouvement oscillatoire des roues ne pouvait, d'ailleurs, être arrêté que par le frottement de la jante sur la surface des rails; ce frottement pouvait donc être mesuré par le nombre des oscillations observées. Dans ce genre d'expériences, nous n'avons à considérer que le mouvement des roues sur les rails; il n'en eût pas été de même si nous avions employé des waggons, nous aurions eu alors à considérer deux espèces de frottement.

L'amplitude des oscillations fut mesurée au moyen d'une échelle graduée; les observations étaient faites à l'aide d'une lunette. Le nombre des oscillations était soigneusement compté, et leur amplitude était mesurée de pouce en pouce.

La fig. XIV, pl. 4, représente ce mode d'expérience:

a, *b*, *c* indiquent la roue dans diverses positions; *fg* est l'échelle pour mesurer l'étendue des vibrations; *W, W, W* est le poids placé près la circonférence.

Ainsi, au commencement de l'opération, la roue était

mise à la main dans la position *b* ou *c*; alors l'amplitude de l'oscillation, à partir de la position d'équilibre, était de 5 ou 7 pouces. La roue mise en liberté, éprouvait diverses oscillations avant que l'amplitude ci-dessus fût réduite de 1 pouce; puis, cette réduction continuait jusqu'à ce que la roue arrivât au repos, dans la position *a*.

Les rails en fonte avaient 3 pieds 9 pouces de long, et pesaient 56 livres; les rails en fer pesaient 28 livres le yard; les supports étaient à 3 pieds de distance. La section est la même que celle qui a servi aux expériences sur la force des rails.

TABLE XXVI.

Étendue des oscillations	Expériences n° 1. Poids des roues et de la charge : 10 quintaux.				Expériences n° 2. Poids des roues et de la charge : 20 quintaux.			
	Rails en fonte.		Rails en fer malléable.		Rails en fonte.		Rails en fer malléable.	
	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations
pouces. p.								
5 à 4	56	62	54	64	52	50	52	52
4 — 3	74	78	68	80	64	70	64	66
3 — 2	88	82	84	100	84	82	92	86
2 — 1	87	86	98	84	99	110	142	150

TABLE XXVII.

Étendue des oscillations.	Expériences n° 3. Poids des roues et de la charge : 30 quintaux.					Expériences n° 4. Poids des roues et de la charge : 40 quintaux.					
	Rails en fonte.		Rails en fer malléable.			Rails en fonte.		Rails en fer malléable.			
	Nombre d'oscillations.	Maintenus par des coins. Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations.	Nombre d'oscillations.	Maintenus par des coins. Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations.	Maintenus par des coins. Nombre d'oscillations	Nombre d'oscillations.	Nombre d'oscillations.	Maintenus par des coins. Nombre d'oscillations	Maintenus par des coins. Nombre d'oscillations
pouces. pouces											
7 à 6	—	—	—	—	—	28	30	24	26	31	32
6 — 5	—	—	—	—	—	32	34	28	28	32	32
5 — 4	54	46	54	54	50	42	36	38	38	35	35
4 — 3	66	56	70	66	68	44	48	44	46	43	45
3 — 2	82	78	90	94	90	48	46	56	55	50	48
2 — 1	94	90	116	124	114	52	52	84	82	63	66

Ainsi, avec des poids s'élevant jusqu'à 30 quintaux, la résistance est la même sur des rails en fer que sur des rails en fonte. Avec une charge de 40 quintaux, le nombre des oscillations de 7 pouces à 3 pouces d'étendue, a été de 146 sur les rails en fonte, et de 134 et 138 sur les rails en fer; résultat qui indique une légère différence en faveur des premiers.

Lorsque le nombre des oscillations des roues sur les rails en fonte a atteint le nombre de 148, on a placé des coins sous les rails pour les empêcher de fléchir, et l'on a vu que la rigidité n'influait pas sensiblement sur la résistance. En adoptant cette disposition pour les rails en fer, on a trouvé que la résistance devenait à peu près

égale à celle de la fonte; d'où l'on peut conclure que lorsque le fer ne présente aucune flexion, il oppose au mouvement des roues la même résistance que la fonte (*).

Cependant il résulte des expériences précédentes, que si la flexion a une certaine étendue, il y a augmentation de résistance, et que les rails en fer sur lesquels ces expériences ont été faites, ne peuvent supporter que des voitures à quatre roues pesant 3 tonnes. Lorsque les roues furent chargées à 30 quintaux, il n'y eut aucune augmentation d'effet par suite de la pose d'un coin sous le milieu des rails; mais lorsque la charge fut portée à 40 quintaux, le nombre des oscillations fut augmenté aussitôt qu'on rendit les rails parfaitement rigides. La flexion des rails sous une charge de 30 quintaux fut de 0,032 de pouce, et de 0,043 de pouce sous une charge de 40 quintaux. Il nous semble, en conséquence, qu'il ne serait pas convenable d'employer des rails dont la flexion pourrait s'élever à 0,032, de pouce, surtout s'ils ne présentaient pas une force plus grande au moment de la pose; car, à mesure qu'ils s'usent, leur flexion, et par suite, la résistance au mouvement des roues deviennent plus considérables.

Lorsque les voitures sont montées sur des ressorts qui amortissent les chocs provenant des inégalités, ou du manque de parallélisme de la voie, on peut supposer toute la charge répartie également sur les quatre roues; mais, avec des voitures sans ressorts, il arrive souvent, comme nous l'avons vu plus haut, que la charge se

(*) On doit observer que l'auteur n'a pas tenu compte de la multiplicité des joints dans les rails en fonte. (*Note du traducteur.*)

trouve supportée par deux roues seulement, et l'on doit, en pratique, admettre cette dernière hypothèse.

En conséquence, pour que les rails ne présentent aucune augmentation de résistance, il faut que leur rigidité soit telle, que le quart du poids des voitures, si elles sont suspendues sur ressorts, et la moitié de leur poids, dans le cas contraire, ne causent pas au milieu du rail une flexion égale à 0,032 de pouce.

Dans les expériences précédentes, les poids étaient soigneusement placés sur les rails, qui, dès-lors, ne se trouvaient point exposés aux chocs qui ont lieu dans la pratique. Il est donc nécessaire de déterminer, au moyen d'expériences, la différence entre la flexion résultant de l'effort auquel les rails sont soumis dans la pratique, et la flexion produite par des expériences faites avec soin.

M. Barlow, dans son travail sur la meilleure forme à donner aux rails du chemin de fer de Londres à Birmingham, cite le résultat de diverses expériences faites sur le chemin de Liverpool à Manchester, pour déterminer la flexion produite par le passage des voitures sur des rails de différentes sections.

On prit pour ces expériences, des locomotives, comme étant le fardeau le plus lourd qui circule sur ce chemin. Les flexions furent mesurées au moyen d'un instrument placé au milieu de la distance des supports. Les machines employées furent *la Speedwell* et *la Swiftsure;* le poids, sur les roues motrices de cette dernière machine, était de 5 tonnes 16 quintaux; la vitesse fut variée et portée jusqu'à 32 milles à l'heure.

Les résultats de ces expériences sont rapportés dans les tables suivantes.

TABLE XXVIII.

Expérience n° 1, locomotive Speedwell; — *expériences n°s 2 et 3, locomotive* Swiftsure; — *rail de grande jonction, pesant 62 lbs; — portées, 3 pieds 9 pouces.*				
	VITESSE DE 20 MILLES A L'HEURE.	VITESSE DE 20 MILLES A L'HEURE.	VITESSE TRÈS FAIBLE	
FLEXIONS				
de la portée près le joint.	0,0625	0,0800	0,0400	Moyenne : 0,0608.
de la portée intermédiaire	0,0425	0,0320	0,0240	Moyenne : 0,0353.
Id. id.	0,0400	0,0400	0,0250	
Id. id.	0,0400	0,0420	0,0320	

TABLE XXIX.

Locomotive Swiftsure; — *même rail, avec des portées de 5 pieds, et différentes vitesses.*							
	22 MILLES A L'HEURE	22 MILLES A L'HEURE	22 MILLES A L'HEURE	30 MILLES A L'HEURE	32 MILLES A L'HEURE	33 MILLES A L'HEURE	
Flexion de la portée près le joint . . .	0,083	0,080	0,123	0,080	0,105	0,085	Moyenne, 0,117.
Id. id.	0,108	0,143	0,130	0,250	0,120	0,095	
Flexion d'une portée intermédiaire . .	0,093	0,177	0,080	0,112	0,122	0,083	Moyenne, 0,90
Id. id.	0,082	0,070	0,077	0,091	0,115	0,085	

En faisant ces expériences, on remarqua que les dés supportant les rails, fléchissaient au moment du passage de la locomotive. Par conséquent, pour obtenir d'une

manière exacte la flexion du rail, il était nécessaire de déterminer la dépression subie par les deux dés sur lesquels reposait la partie du rail en expérience. On appliqua l'instrument sous les dés, et l'on fit passer la locomotive. Les résultats furent très variés. Ils dépendaient de la nature du sol; ils sont consignés dans les tables suivantes.

TABLE XXX.

Locomotive Swiftsure ; — *rail du poids de 62 lbs.*; — *portées 3 pieds 9 pouces*.

	10 milles à l'heure.	16 milles à l'heure.	20 milles à l'heure.	30 milles à l'heure.
Dé suspendu, dépression	0,060	0,090	0,080	0,085
Dé solide, id.	0,010	0,020	0,022	0,032
Id. id.	0,000	0,012	0,017	0,032
Dé supposé ne pas être parfaitement solide	0,018	0,028	0,028	0,032

Rejetant le dé suspendu, la moyenne des autres expériences donne 0,021 pour la dépression du dé.

TABLE XXXI.

Locomotive Swiftsure ; — *même rail* ; — *portées de 3 pieds*.

	Vitesse moyenne.	Vitesse moyenne.
Dé intermédiaire, dépression.	0,016	0,008
Dé de joint, id.	0,036	0,020
Dé intermédiaire, id.	0,018	0,010
Id. id.	0,025	0,025

TABLE XXXII.

Locomotive Swiftsure; — *rail de M. Booth, semblable à celui de l'expérience table XXIII; — poids, 60 lbs. par yard; — portée de 3 pieds.*				
1er dé supposé ne pas être solide	0,018	0,028	0,018	0,023
2e dé, id.	0,036	0,040	0,036	0,032
3e dé solide	0,022	0,013	0,014	0,011
4e dé id.	0,024	0,020	0,027	0,023
La moyenne de la première et des deux dernières donne une dépression de 0,020.				

La moyenne des trois expériences faites avec *la Speedwell* et *la Swiftsure* sur des rails semblables à ceux de l'expérience de la table IX, avec des portées de 3 pieds 9 pouces, donne une flexion dans le milieu du rail, égale à 0,0353 pouce. Les expériences de la table IX donnent, pour 33 pouces de portée, une flexion de 0,0050, soit, pour un poids de 5,800 livres, une flexion de 0,0145; réduisant cette quantité à la longueur de portée entre les supports, qui est de 45 — 3 = 42 pouces, nous avons :

$$33^3 : 42^3 :: 0,0145 : 0,0310$$

flexion avec un poids de 5,800 livres en repos.

La moyenne de plusieurs expériences sur la dépression des dés avec la même locomotive, donne environ 0,020 pouce. Une partie de cette dépression se manifeste lorsque la locomotive passe sur le milieu du rail; par conséquent, la flexion due au poids de la machine lorsqu'elle marche, doit être inférieure à 0,0353 pouce. Il en résulte que la flexion du rail n'est pas plus grande,

lorsque la locomotive passe, que dans le cas où le rail, est soumis à un poids égal et en repos.

La moyenne des expériences faites sur le même rail, avec des portées de 5 pieds, donne une flexion de 0,090. Les expériences de la table IX, donnent une flexion moyenne de 0,0050, ou pour 3 tonnes, 0,0150. Déduisant 3 pouces de 60 pour obtenir la portée entre les supports, nous avons $33^3 : 57^3 :: 0{,}0150 : 0{,}079$; le déflectomètre indiquait une flexion de 0,089. Retranchant la moitié de la dépression des dés qui s'élève à 0,019, nous trouvons qu'il n'y a pas en pratique une flexion plus grande que celle indiquée par l'expérience pour le poids en repos.

Dans le cours de ces expériences, on remarqua qu'une forte augmentation de flexion était produite par les secousses éprouvées par quelques-unes des voitures, au moment de leur passage sur les rails ou les dés en expérience. Cette augmentation varia beaucoup, mais en général elle fut reconnue double de l'effort produit par les convois lorsqu'ils passaient lentement. Ce fait est constaté par les expériences suivantes: elles ont été dirigées par M.Barlow, et les résultats en ont été reconnus au moyen du déflectomètre employé pour les expériences faites précédemment sur le chemin de Liverpool à Manchester.

TABLE XXXIII.

Locomotive Swiftsure; — *rail de Dublin à Kingstown; rail de 45 lbs. par yard, le même que dans l'expérience* table XII ; — *portée de 3 pieds.*

Portée près le joint.	0,120	0,120	0,105	0,167*	0,177*	0,105
Id.	0,120	0,084	0,098	0,090	0,080	0,098
Portée intermédiaire	0,125	0,110	0,130	0,130	0,156*	0,130*
Id.	0,110	0,103	0,112	0,112	0,120	0,108

Les flexions marquées d'une astérisque * indiquent l'effet des secousses de la locomotive ou des voitures: elles sont environ doubles des autres flexions.

Ainsi, la règle déduite précédemment des expériences, au moyen de roues oscillant sur des rails, suffira pleinement dans la pratique, pour le cas où les convois marcheront lentement; mais comme des secousses ont souvent lieu lorsque les convois circulent avec une grande vitesse, il sera convenable de considérer l'effort comme égal à celui d'une roue chargée de la moitié du poids de la voiture, et le rail devra avoir des dimensions telles, que cette pression étant appliquée au milieu de chacune de ses portées, elles ne produisent pas une flèche de plus de 0,032 pouce.

Dans un appendice à une nouvelle édition de son *Traité sur la force du bois, du fer*, etc., M. Barlow entre dans des recherches théoriques, et donne quelques expériences sur l'augmentation de résistance au mouvement des voitures par suite de la flexion des rails en fer. Voici le résultat de ces expériences :

TABLE XXXIV.

Longueur des portées.		Flexion.	Plan équivalent.	Augmentation de frottement par tonne.
pieds.	pouces.			
3	0	0,024	1 pouce 3,000	0,75 lbs.
3	9	0,037	1 — 2,432	0,92
4	0	0,041	1 — 2,341	0,95
5	0	0,064	1 — 1,875	1,20
6	0	0,082	1 — 1,756	1,30

Ayant déterminé la quantité dont les rails en fer peuvent fléchir sans nuire au mouvement des voitures, et le rapport qui existe entre cette flexion et la résistance au mouvement, nous avons maintenant à chercher quel poids il faut donner aux rails, et à quelle distance doivent être placés les points d'appui. Cette question est très importante; sa solution dépend beaucoup du prix des dés et des chairs. La flexion des rails de différentes longueurs de portée, variant comme le cube de ces longueurs, il sera facile de la calculer au moyen des expériences XV, XXI et XXII, dans lesquelles sont indiquées les flexions pour différentes longueurs. Ayant donc la rigidité relative et le prix des supports, on déterminera facilement la force à donner au rail, et la distance des points d'appui.

§ VI. — DILATATION ET CONTRACTION DES RAILS EN FER.

(Note A.)

Les rails en fonte sont nécessairement très courts; les effets produits par les variations de température, ne peuvent, par conséquent, avoir aucun résultat fâcheux pour eux. Il n'en est pas de même pour les rails en fer, dont la longueur est maintenant portée, en général, à 15 pieds. On conçoit que pour une telle longueur, la dilatation et la contraction résultant des changements de température, produisent des effets dont il importe à la pratique de connaître exactement les conséquences.

Au moyen d'expériences, on a constaté d'une manière exacte la quantité dont une barre de fer se dilate ou se contracte suivant une certaine température. Ainsi, M. Smeaton a trouvé que la dilatation était égale, pour chaque degré de température, à $\frac{1}{143000}$ de la longueur de la barre; le professeur Daniel, au moyen d'un appareil fait avec plus de soin, a trouvé dernièrement que la dilatation était égale à $\frac{1}{150000}$. Par conséquent, si nous supposons que la différence de température entre l'hiver et l'été, soit égale à 76°, une barre de fer malléable se contractera et se dilatera de $\frac{1}{2000}$ de sa longueur. Ainsi, pour un rail de 15 pieds, cet effet sera de $\frac{1}{11}$ de pouce.

Quelques ingénieurs ont prétendu que le fer employé pour les rails, et posé sur des dés en pierre, n'était point soumis aux mêmes lois de la dilatation que le fer en barres ordinaires; à l'appui de cette opinion, on disait que les rails placés sur des dés en pierre ne paraissaient

pas se tourmenter autant en été, que les rails fixés sur des traverses en bois.

Pour résoudre cette question qui est d'une grande importance en pratique, je considérai une partie du chemin de Killingworth, d'environ 152 pieds de longueur, et composée de rails d'environ 15 pieds de longueur chaque. Les joints étaient disposés de manière que les extrémités des rails étaient placées à recouvrement et boulonnées ensemble; de sorte que les rails, ne pouvant se séparer les uns des autres ni se rapprocher, l'effet de la contraction et de la dilatation était le même que pour une barre de 152 pieds de longueur. Les rails reposaient sur des dés en pierre cubant 3 pieds cubes, et espacés de 3 pieds. La dilatation et la contraction furent constatées au moyen du procédé suivant : De chaque côté des rails, et aux deux extrémités de la longueur en expérience, des poteaux en bois furent enfoncés suffisamment en terre, pour qu'ils fussent entièrement inébranlables; leur tête fut mise de niveau avec le dessous des rails, et on y fixa des pièces de fer sur lesquelles on traça une ligne transversale allant d'un rail à l'autre; cette ligne fut soigneusement repérée sur les rails; on constata alors le degré de température. Il résultait de cette disposition que, quand il y avait contraction des rails, les repères ne se correspondaient plus, et les rails se trouvaient plus courts que la longueur indiquée par les marques faites sur les poteaux; le contraire avait lieu lorsqu'il y avait dilatation.

On fit diverses opérations pendant la durée de l'hiver de 1836 et de l'été de 1837, et l'on mesura avec soin l'étendue de la contraction et de la dilatation. Nous fe-

rons observer que les extrémités de la longueur en expérience, n'étaient pas jointes avec le reste de la ligne, au moyen de boulons, comme pour les autres joints; cette jonction était faite de manière à laisser toute liberté à la dilation et à la contraction.

Cette expérience faite sur une longueur de rails de 152 pieds, donna les résultats suivants : Dans le courant de l'année, les variations de température furent de 50°, c'est-à-dire de 31° à 81°, et l'étendue de la contraction et de la dilatation fut égale à 0,683 de pouce, ce qui donne la quinzième partie d'un pouce pour un rail de 15 pieds, soumis à un changement de température, de la glace à 81°.

Ainsi, la dilatation des barres de fer employées comme rails, ne diffère pas de celle d'une barre ordinaire soumise à l'expérience au moyen de variations de température obtenues artificiellement. Nous en concluerons également que le résultat de la dilatation ou de la contraction des rails de 15 pieds de long, est d'environ la soixante-dixième partie d'un pouce par chaque degré de température.

---

§ VII. — EXPÉRIENCES SUR LA FORCE DES RAILS EN FONTE.

Nous allons maintenant donner le résultat de quelques expériences faites sur la force des rails en fonte, à la fonderie de Walker, près Newcastle-sur-Tyne. Cette fonderie appartient à MM. Losh, Wilson et Bell.

TABLE XXXV.

Numéros des expériences.	NATURE DU MÉTAL.	Poids de chaque rail. lbs.	onces.	Poids qui produit la rupture. cwt.	qrs.	lbs.	Poids moyen de chaque espèce de rails. lbs.	onces.	Résistance moyenne de chaque espèce de rails. cwt.	qrs.	lbs.	Rapport entre la résistance du métal mêlé, et celle du métal non mêlé, en tenant compte de la différence des poids.	
1	No 1. Métal *A*.	56	6	126	3	0	55	9	114	1	14	146	122
2	Id.	56	0	99	3	0							
3	Id.	55	8	108	3	0							
4	Id.	54	7	122	1	0							
5	No 1. *A* même espèce que le précédent mêlé avec du vieux métal	58	14	148	2	0	59	10	146	0	14		
6		58	9	144	0	0							
7	No 1. Métal *B*.	55	10	113	1	0	56	6	106	2	0	156	108
8	Id.	57	1	99	3	0							
9	No 1. *B* mêlé avec du vieux métal	57	13	162	3	0	57	10	156	0	8		
10	Id. id.	57	7	149	1	0							
11	No 1. Métal *C*.	55	8	150	3	0	55	4	140	2	14	173	128
12	Id.	55	0	130	2	0							
13	No 1. *C* mêlé	56	4	184	2	0	56	10	173	3	0		
14	Id.	57	0	162	0	0							
15	No 1. Métal *D*.	56	3	113	1	0	56	2	115	2	0	194	119
16	Id.	56	1	117	3	0							
17	No 1. Métal *D*, mêlé avec du vieux métal.	59	9	207	3	0	58	4	194	1	0		
18		56	14	180	3	0							
19	No 2. Id. *D*.	56	13	95	1	0	56	5	97	2	0		
20	Id.	55	12	99	3	0							
21	No 3. Id. *D*.	57	13	104	1	0	57	5	108	3	0		
22	Id.	56	14	113	1	0							
23	No 1. Métal *E*.	56	6	128	1	0	56	2	131	2	14	137	144
24	Id.	57	2	135	0	0							
25	No 1. *E* mêlé avec du vieux métal	55	6	148	2	0	55	8	137	2	0		
26	Id. id.	55	10	126	0	0							
27	Rail en fonte de diverses espèces de métal	55	8	135	3	0							
28		57	1	99	3	0							
29	Rail de 4 pieds de long	58	0	120	0	14							
30	Rail de 3 pieds de long, métal No 2.	33	0	98	2	14							
31	Rail de trois pieds de long, métal du pays de Galles. . .	33	0	100	3	14							
32	Rail de 3 pieds, métal No 1. . .	33	0	107	2	14							

Les rails étaient en fonte, et provenaient du même moule; la différence de poids était, par conséquent, accidentelle. Leur section était semblable à celle représentée par les fig. I et V, pl. 3; elle avait 2 pouces $\frac{1}{4}$ de largeur à la partie supérieure, et vers le milieu de leur hauteur 1 pouce $\frac{1}{2}$; la partie carrée *cb*, placée à la base, avait $\frac{7}{8}$ de pouce de côté. Leur hauteur était, au maximum, de 6 pouces; elle diminuait graduellement, suivant une courbe parabolique, depuis le milieu du rail jusque vers ses deux extrémités, où elle se réduisait à 4 pouces.

Pendant les expériences, les rails furent maintenus, comme à l'ordinaire, sur des chairs fixés sur des traverses en bois. La distance entre les points d'appui était de 3 pieds 9 pouces $\frac{1}{2}$.

En comparant les résultats indiqués dans le tableau précédent, on trouve une grande variation dans la force des rails, même pour ceux provenant de la même fonte. Une seule loi paraît être régulière et constante, c'est que les rails provenant d'un mélange de plusieurs espèces de fonte, présentent une densité et une résistance plus grande que ceux composés d'une seule espèce de métal. Cette remarque est très importante pour la pratique; elle mettra les fondeurs à même, en mêlant dans des proportions convenables, différentes natures de métal, de fabriquer des rails qui, à poids égal, seront plus durs que les rails provenant de la fonte d'un seul genre de métal.

Les poids indiqués dans la table sont ceux qui produisent la rupture; on doit, en pratique, exposer les rails à ne supporter que des poids très inférieurs à ces limites; car ils doivent être à même de résister, non-

seulement au poids des voitures, mais encore aux secousses produites par les inégalités de la voie, et par les obstacles accidentels qui peuvent se rencontrer sous les roues. Ces secousses, vu la fragilité de la fonte, produiraient certainement une rupture, si le rail n'avait pas un excédant de force.

Dans les voitures à quatre roues et sans ressorts, la charge est loin d'être répartie également sur chacune des roues. A la vérité, la charpente formant la caisse de la voiture est rectangulaire, et les axes des essieux sont placés, autant que possible, sur un même plan; mais il arrive souvent, en pratique, que la surface supérieure des rails ne forme pas un plan parallèle à celui des axes des essieux; alors le poids de la voiture ne repose plus que sur trois roues. Lorsque les ondulations des rails ne se correspondent pas exactement, le poids de la voiture change de points de supports, et dans ce mouvement, il se trouve supporté par les deux roues placées sur une même diagonale. Cette transmission de charge d'une roue à l'autre, détermine une succession de secousses qui altèrent nécessairement le rail, et peuvent produire la rupture. Aussi, pensons-nous que, dans la pratique, on doit donner aux rails des dimensions très supérieures à celles rigoureusement nécessaires pour le mettre à même de résister seulement à la rupture.

Dans les expériences précédentes, le minimum de charge sur les rails, est de 7 tonnes pour les rails provenant de fontes mêlées, et de 5 tonnes pour ceux formés d'une seule nature de métal. Ces rails étaient destinés à un chemin de fer sur lequel les voitures devaient peser 4 tonnes, et avoir quatre roues. Par conséquent,

dans le cas extrême, où par suite des inégalités du chemin, le poids ne porterait que sur deux roues, chaque rail n'aurait à supporter, au maximum, que 2 tonnes. Ainsi, le rapport entre le poids maximum porté par les rails et leur force absolue, était, dans le premier cas, :: 3,5 : 1, et dans le deuxième, :: 2,5 : 1. Mais, comme on peut supposer qu'un mélange de fonte sera en général employé, nous pensons que, dans la pratique, on ne doit pas faire supporter aux rails plus du tiers de la charge qui produirait la rupture.

Nous pouvons déterminer, au moyen de la formule suivante, la force d'une section de rail capable de supporter un poids donné pour les voitures.

Soit :

$w =$ le plus grand effort auquel le rail est soumis en lbs.;

$l =$ la distance en pieds des points d'appui;

$b =$ la plus grande largeur en pouces du rail;

$d =$ la plus grande hauteur en pouces;

$qb =$ la différence entre la plus grande largeur et la largeur correspondant au milieu de la hauteur du rail;

$pd =$ la hauteur de la partie étroite ou côte;

On a : $\frac{3wl}{850} = bd^2(1 - qp^3)$ (*)

Par conséquent : $d = \sqrt{\frac{3wl}{350b}}(1 - qp^3)$,

Et $w = \frac{850\,b\,d^2}{3l}(1 - qp^3)$

(*) Tredgold, *Traité sur la fonte*.

§ VIII. — DURÉE RELATIVE DES RAILS EN FONTE, ET DES RAILS EN FER MALLÉABLE.

En donnant la formule pour calculer la force et la rigidité des rails en fer malléable, nous avons en même temps indiqué celles concernant les rails en fonte. Nous allons maintenant nous occuper de la durée relative de ces deux espèces de rails. L'emploi du fer malléable est encore trop récent pour qu'on ait pu le soumettre assez long-temps à une expérience décisive. Les occasions de faire un pareil travail se présentent rarement, et beaucoup de personnes sont plus disposées à se conformer à l'opinion généralement admise, plutôt que d'attendre le résultat d'une expérience souvent pénible. En outre, dans le cas dont il s'agit, une expérience ne peut être concluante si elle ne repose sur un certain nombre d'années. Nous sommes donc presque obligé de suivre l'opinion générale, jusqu'à ce qu'il se soit écoulé assez de temps pour que l'évidence ait pu prononcer en faveur de l'une ou de l'autre espèce de rails.

Indépendamment des considérations d'économie que présente la durée des rails, la sécurité résultant de l'emploi du fer malléable pour les railways publics, a déjà fait donner, sur beaucoup de points, la préférence aux rails en fer ; la question de la durée devient dès-lors moins importante. Cependant, comme il se présente souvent des cas où la rapidité des transports n'étant pas nécessaire, il importe de rechercher l'économie à faire sur la construction et l'entretien des rails, nous allons, autant que notre propre expérience nous le per-

mettra, nous occuper de la durée relative des rails en fer et en fonte.

On a commencé quelques expériences sur des chemins où les deux genres de rails sont employés à la fois, et où ils supportent une masse égale de transports. Jusqu'à présent, les résultats sont en faveur du fer forgé; mais nous ferons observer que, dans l'opération du coulage des rails en fonte, la surface extérieure acquiert nécessairement une dureté plus grande que les parties intérieures. Toute expérience ayant pour but de constater l'usure des rails, doit donc être continuée jusqu'à ce que l'enveloppe durcie soit enlevée. Il est présumable que les observations n'ont pas été faites pendant un temps assez long pour produire cet effet. Nous nous trouvons donc obligé de rejeter les données obtenues par ce mode d'expérience. Nous allons donner les résultats de plusieurs sortes d'épreuves, dont le degré d'exactitude nous paraît justifier le parti que nous avons pris de les soumettre à nos lecteurs.

Dans l'origine, nous avons employé pour les machines locomotives du chemin de Killingworth, des roues en fonte; depuis quatre années, nous les avons remplacées par des roues en fer. Nous nous sommes ainsi trouvé à même d'apprécier l'usure relative des roues en fer et de celles en fonte circulant sur les mêmes rails, et comme l'usure opère à peu près de la même manière sur les roues que sur les rails, nous pourrons, par ce moyen, arriver à évaluer d'une manière très rapprochée, l'usure relative des deux genres de rails; en effet, si nous supposons que les transports de ce chemin s'élevant à 2,000 tonnes par jour, soient opérés par des waggons contenant chacun 3 tonnes, et ayant des

roues de 3 pieds, le rapport de l'usure des roues à celle des rails sera :: 53 : 1, à très peu de chose près.

L'usure moyenne des roues en fonte a été de la moitié de 1 pouce en neuf mois, et celle des jantes en fer a été de $\frac{1}{4}$ de pouce en trois années; et avec trois autres machines, nous avons eu $\frac{1}{8}$ de pouce en un an; par conséquent, on a une proportion d'au moins 5 à 1 en faveur du fer malléable.

L'usure réelle des rails n'est pas aussi forte, parce que les roues des locomotives sont exposées, lors des mauvais temps, à glisser en tournant; par la même raison, l'usure des roues des waggons ordinaires n'est pas aussi considérable. En conséquence, nous ne devons pas conclure de cette expérience la durée des rails en fer, d'autant plus que leur surface étant beaucoup plus étroite que celle des roues, leur usure pourrait être proportionnellement plus grande; mais le rapport de l'usure relative des rails en fer et en fonte est le même que pour les roues.

Les résultats suivants proviennent d'observations faites sur le chemin de Stockton à Darlington.

En douze mois la perte a été de 8 onces sur des rails en fonte de 4 pieds de long et du poids de 63 lbs., sur lesquels circulaient seulement des waggons pesant 4 tonnes, charge comprise; ces rails servent chaque année à un transport de 86,000 tonnes, non compris les waggons. Dans la même période, un rail en fer malléable de 15 pieds de longueur, avait perdu 8 onces sous la même circulation de 86,000 tonnes; ce résultat donne en faveur du fer une différence d'usure égale au rapport :: 15 : 4.

Ces expériences démontrent que si l'on fait usage de

rails d'une force convenable, ceux en fer malléable présenteront une plus grande durée que les rails en fonte (*). Nous avons en outre observé que les craintes relatives à l'oxidation n'étaient aucunement fondées.

---

§ IX. — RÉSISTANCE COMPARATIVE DES DEUX ESPÈCES DE RAILS AU MOUVEMENT DES VOITURES.

Nous allons examiner si la résistance au mouvement des voitures est plus grande sur le fer malléable que sur la fonte.

Dans l'origine, les rails en fer comme ceux en fonte, furent faits beaucoup trop légers, et l'on observa que la résistance sur les premiers était plus grande; mais, comme nous l'avons fait remarquer précédemment, cette différence de résistance provenait de la flexion des rails.

Les expériences que nous avons rapportées précédemment sur la résistance comparative des rails en fonte et en fer, ont été faites sur des rails dont la surface était parfaitement sèche et libre de toute poussière. Pour apprécier l'augmentation de résistance causée par la

---

(*) On doit observer que l'auteur ne s'occupe que de l'usure proprement dite, et aucunement de la *déformation*, cette principale cause de la mise *hors de service* des rails. Il est probable que s'il avait tenu compte de la détérioration, il serait arrivé à une toute autre conclusion. (Voir nos observations sur la durée des rails, note *C*.) (*Note du traducteur*.)

présence de matières étrangères sur les rails, on mouilla fortement leur surface, et l'on remarqua que le nombre des oscillations était respectivement de 340 et 370 avec la surface sèche, et de 375 avec la surface mouillée. Sur les rails en fer on trouva, lorsqu'ils étaient secs, que le nombre des oscillations était, avec une moindre amplitude, de 404 et 412, tandis qu'ils se réduisaient à 230, lorsque la surface des rails était frottée de craie. Sur les rails en fonte huilés, toutes circonstances égales d'ailleurs, le nombre des oscillations était de 290; il se réduisait à 244, lorsque les rails étaient abondamment huilés.

Il résulte de ces expériences que l'emploi du fer malléable ne donne lieu à aucune augmentation de résistance, et que cette résistance est un minimum lorsque les rails sont secs et libres de toute matière étrangère (*).

(*) Il est fâcheux que l'auteur n'ait pas indiqué la quantité d'eau versée sur les rails. Voici, du reste, un résultat d'expérience qui a lieu tous les jours sur le chemin de Saint-Etienne: Entre Rive-de-Gier et Givors, la pente est de 0,006 par mètre, les convois de waggons descendent par l'effet de la gravité lorsque le rail est humide, et lorsqu'il est sec, comme cela a lieu en été, on est obligé de faire tomber de l'eau devant les roues, autrement les convois s'arrêteraient. Nous avons également constaté qu'il suffisait d'une faible quantité d'huile mise sur les rails pour diminuer l'adhérence des roues de locomotives et la résistance des waggons.

(*Note du traducteur.*)

LIVRE III.

NOTES DIVERSES.

NOTE A.

EFFETS DE LA DILATATION ET DE LA CONTRACTION. MOUVEMENT GÉNÉRAL DES RAILS.

Pour résoudre le problème proposé par M. Barlow (*page* 22), il suffit de fixer le rail dans le chair au moyen de coins en bois de dimensions un peu fortes. Ainsi, avec des coins semblables à ceux employés pour les rails à doubles champignons, le mouvement longitudinal du rail, résultant des changements de température, pourra s'effectuer avec d'autant moins de difficultés, qu'en définitive ce mouvement est très faible.

Solution du problème posé par M. Barlow.

Si l'effet de la dilatation et de la contraction, au lieu de se borner à produire un mouvement égal à $\frac{1}{11}$ de pouce anglais pour une barre de 15 pieds, était beaucoup plus considérable, il y aurait de graves inconvénients à faire usage de coins en fer, comme en Belgique et sur quelques chemins d'Angleterre. Mais lorsqu'il s'agit d'un aussi faible mouvement, il est évident que les coins en fer, pour s'y opposer, auraient besoin d'être ajustés avec une précision qui n'existe pas. Ajoutons que, dans tous les cas, les vibrations produites par le passage des convois, ne tarderaient pas à donner assez de jeu à l'assemblage pour permettre aux rails de s'allonger ou de se raccourcir d'une quantité aussi petite.

18

Nécessité de maintenir un certain écartement entre les extrémités des rails.

Suivant nous, le point essentiel est de maintenir une certaine distance entre les extrémités des rails, de manière à permettre aux rails de s'allonger. La suppression de cet écartement peut avoir de graves conséquences.

Ainsi, en juin 1842, époque où les chaleurs étaient très fortes, un rail de $2^{m},30$ de longueur, pesant 69 kilog., et faisant partie de la voie de descente entre Rive-de Gier et Givors (chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon), fut lancé à une distance de $3^{m},25$ par le seul effet de la dilatation. Ce rail était, du reste, rectangulaire *(fig. V, pl. 1)*, et pouvait facilement sortir du chair dans le sens vertical.

Sur le même chemin, le 11 juin 1844, le déraillement d'une locomotive fut occasionné par le seul effet de la dilatation; quelques rails, n'ayant plus l'écartement nécessaire, s'arc-boutèrent à tel point, que les extrémités de deux d'entre eux se soulevèrent dans le chair. La locomotive, en arrivant, fit abaisser le premier rail, et alors le suivant forma un crochet qui suffit pour déterminer le déraillement.

Il est donc très important de laisser aux joints une certaine ouverture.

Dimension à donner à l'écartement des rails.

En général, on donne à cet écartement de 4 à 5 millimètres en hiver, et de 2 à 3 en été. On doit, du reste, tenir compte de l'état des lieux où les rails sont placés. Ainsi, par exemple, la dilatation sera plus forte sur un remblai que dans une tranchée profonde et humide, ou dans un percement.

Mouvement général des rails.

Indépendamment des effets de la dilatation et de la contraction, les rails sont soumis à un mouvement horizontal très prononcé, et qui se manifeste dans le sens de la marche des convois. Ainsi, il est reconnu depuis

long-temps sur le chemin de fer de Saint-Etienne, que des rails posés à une distance de 4 à 5 millimètres, ne tardent pas à devenir contigus, et qu'en peu de temps leurs extrémités sortent des chairs de joint. La voie, dans cet état, présente évidemment une très grande chance de déraillement. Pour obvier à un aussi grave inconvénient, on a fait l'essai de plusieurs systèmes. On a d'abord employé des chairs dont le plafond présentait une légère saillie, contre laquelle chaque extrémité inférieure des rails venait buter. Une disposition à peu près semblable a été adoptée depuis sur le plan incliné d'Elberfeld à Dusseldorf. On a ensuite fait usage, sur le chemin de Saint-Etienne, de chairs ayant, au milieu de leur hauteur, un bouton de forme cylindrique qui entrait dans une entaille ménagée dans l'épaisseur du rail; l'un de ces chairs était employé comme chair intermédiaire. Ces deux moyens présentaient d'assez grands inconvénients pour l'entretien. Puis, par l'effet de la dilatation, ces saillies ne tardaient pas à être détruites; aussi ont-elles été abandonnées. Sur le chemin d'Avignon à Marseille, on les a employées dans les percements de la Nerthe et de Saint-Louis, en les plaçant aux joints espacés de cinq rails. On conçoit que la dilatation n'ayant pour ainsi dire pas d'effet dans les percements, les saillies maintiennent parfaitement les rails.

Moyens employés pour empêcher le mouvement des rails.

Sur le chemin de Saint-Etienne, on a substitué le procédé suivant aux saillies ménagées dans l'intérieur des chairs.

A l'extérieur d'un chair intermédiaire, on place une clavette horizontale traversant le rail; cette clavette est formée d'un morceau de fer demi-cylindrique, replié en deux. Le trou pratiqué dans le rail, a par conséquent

une forme qui ne peut altérer sa résistance. On peut se borner à placer ces clavettes à des distances de 30 à 40 mètres. Nous croyons devoir appeler l'attention des ingénieurs sur ce procédé fort simple et peu coûteux, pour prévenir une chance de déraillement.

Le système des clavettes atteint parfaitement le but signalé par M. Barlow (*page* 23), pour prévenir l'inconvénient résultant de la contraction, dans le cas où elle viendrait à s'opérer dans le sens contraire, sur deux rails contigus.

Pour conserver aux joints une ouverture convenable, les cantonniers du chemin de Saint-Etienne se bornent souvent à placer dans les joints, de petits morceaux de bois ayant la même hauteur que les rails. Lors de la dilatation, le bois cède, et, sous ce rapport, on prévient évidemment les inconvénients des changements de température. Mais on ne peut empêcher le mouvement général des rails, et conséquemment, leur sortie des chairs de joint; les clavettes sont donc préférables sous tous les rapports.

NOTE *B*.

DESCRIPTION DES RAILS, CHAIRS, DÉS, TRAVERSES ET LONGRINES EMPLOYÉS SUR LES PRINCIPAUX CHEMINS DE FER.

§ I. — CHEMINS DE FER D'ALLEMAGNE (*).

Au 1[er] janvier 1848, on comptait en Allemagne 1,633 lieues de chemins de fer en pleine exploitation, dont 638 en Prusse, 445 en Autriche, 106 en Hanovre, 101 en Bavière, 92 en Saxe, 88 dans le grand-duché de Bade, 55 dans le duché de Holstein, 33 dans le grand-duché de Mecklembourg-Schwerin, et 75 en Wurtemberg, dans les trois duchés d'Anhalt, et dans le duché de Brunswick. Longueur des chemins de fer en exploitation.

Sauf deux exceptions, les chemins de fer d'Allemagne ont 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$ anglais de largeur de voie (1^{m},435). Largeur de la voie.

Les deux exceptions sont :

Les chemins de fer du grand-duché de Bade, dont la voie a 1^{m},60, et celui du Taunus qui a une largeur de 1^{m},50.

(*) Les renseignements que nous donnons sur les chemins de fer d'Allemagne, sont en grande partie extraits de l'ouvrage publié par M. Lechatelier, ouvrage dont nous croyons devoir conseiller la lecture à toutes les personnes qui s'occupent des chemins de fer; elles y trouveront de très bons renseignements sur la construction de ces nouvelles voies de communication.

Largeur de l'entre-voie. La largeur de l'entre-voie est très variable. En Prusse, elle est de $1^m,85$ environ, tandis que sur le chemin de Leipzig à Dresde, elle est seulement de de $1^m,41$.

Rails en fonte. On ne trouve en Allemagne de rails en fonte que sur un seul chemin de fer, celui de Prague à Lahna. Ce chemin sert seulement, comme ceux de Westphalie, à des transports de matériaux; il n'a qu'un intérêt purement local.

Forme des rails. La forme des rails employés en Allemagne est très variée; on peut distinguer quatre classes principales :

1° Rail plat, formé de bandes en fer assujetties à plat, au moyen de vis, sur des longrines en bois, supportées elles-mêmes par des traverses ou des dés en pierre;

2° Rail américain, connu généralement en Allemagne sous le nom de rail de Vignoles, présentant à la partie supérieure un renflement ou champignon, et à la partie inférieure un empattement qui repose immédiatement sur des traverses ou sur des longrines;

3° Rail en U renversé, présentant exactement la forme de cette lettre renversée, et connu aussi sous le nom de rail de Brunel, qui l'a employé sur le Great-Western;

4° Rail à champignon simple ou double, employé d'une manière presqu'exclusive en France et en Belgique, et par exception seulement, en Allemagne.

Rail plat. Le rail plat n'a été employé que sur le chemin du Budweis à Linz, exploité seulement au moyen de chevaux, sur la section de Wiener-Neustadt à Gloggnitz, du chemin de Vienne à cette dernière ville, et sur la plus ancienne partie du chemin de Leipzig à Dresde, où il a été remplacé après deux années d'exploitation; on ne tardera pas à le remplacer également sur le chemin

de Gloggnitz. Son inconvénient principal est d'être attaché au moyen de vis à bois qui s'arrachent facilement. Il est, du reste, trop flexible sous le poids des machines qui compriment le bois de la longrine; on ne peut lui donner l'inclinaison convenable qu'en entaillant les traverses.

Le rail en forme d'U renversé est en grande faveur sur le chemin de Bade, où sa forme et ses dimensions ont déjà reçu plusieurs modifications. Il est égalcment employé sur le chemin de fer de Berlin à Francfort, sur le chemin de Magdebourg à Leipzig, et sur celui de la Haute-Silésie. On l'avait choisi pour la construction de la première voie, mais on lui substitua, sur la deuxième voie, le rail américain. Ce rail doit être nécessairement porté sur des longrines. Rail en *U* renversé.

Dans le duché de Bade, il est fixé sur les supports, au moyen de crampons en fer barbelés; on remarque aux joints un coussinet en fonte, présentant une saillie longitudinale qui s'engage dans la cavité intérieure des deux rails placés bout à bout, pour empêcher tout déplacement latéral. Les angles de l'empattement des rails sont en outre coupés, et viennent s'appuyer sur deux saillies triangulaires du coussinet, qui empêchent tout déplacement longitudinal. Sur le chemin de Francfort-sur-l'Oder, les premiers rails ont été attachés aux longrines au moyen de boulons, dont la tête est logée dans la cavité intérieure. Le boulon placé au joint empêche l'écartement latéral. Cette disposition compliquée n'a pas été conservée pour de nouveaux rails qu'on a placés sur une longueur d'environ 20 kilomètres; ceux-ci sont maintenus par des crampons engagés à mi-fer dans des entailles pratiquées sur les bords de l'empattement.

Les rails en U, du chemin de Magdebourg à Leipzig, étaient fixés sur des longrines au moyen de vis à bois que l'on remplace par des crampons en fer, au fur et à mesure qu'elles s'arrachent. Le seul avantage que l'on attribue aux rails de cette forme, est la grande résistance qu'ils présentent sous un poids peu considérable, et l'économie qui en résulte lorsque le fer est cher et le bois à bon marché.

Les rails de Berlin à Francfort pèsent 24 kilog. 80 par mètre courant.

Ceux de Bade pèsent 26 kilog. 23.

Ceux de Magdebourg à Leipzig, 20 kilog. 82.

Ces derniers sont trop bas.

Rail américain. Le rail américain devient maintenant d'un usage général. Sa forme est très variable ; tantôt elle est trop écrasée, d'autres fois trop élancée. Sur quelques chemins, notamment sur ceux de la Silésie, sa forme n'est pas symétrique ; il présente à l'intérieur de la voie un renflement en forme de lèvre, et, par suite, il ne peut pas être retourné. Il est porté, sur quelques voies des anciens chemins, par des longrines, et fixé au moyen de vis à bois ; maintenant on le pose partout sur des traverses, quoique sa forme soit peu convenable pour résister à un effort vertical. On l'attache aux traverses au moyen de crampons en fer ; un certain nombre de ces crampons sont quelquefois engagés à mi-fer dans des entailles pratiquées sur les bords de l'empattement, pour empêcher le rail de marcher dans le sens du mouvement des machines.

Sur le chemin de fer de Vienne à Trieste, on a remplacé les crampons par des vis à bois, dont les têtes s'appliquent exactement sur les bords du patin du rail.

Les traverses sont reliées par des longrines, avec lesquelles elles sont assemblées au moyen d'entailles et d'équerres vissées.

Les bouts de rails, à chaque joint, sont supportés par une plaque en fonte, et le plus souvent en fer laminé, dont le poids est d'environ 5 kilog. dans le premier cas, et de 1,5 à 2 kilog. dans le second; elle est armée de rebords, dont la saillie est égale à la hauteur des bords de l'empattement, et elle est percée de trous carrés dans lesquels passent des crampons qui l'assujettissent sur la traverse ou sur la longrine en même temps que les rails. Le coussinet remplit une double fonction; il prévient le déplacement des bouts de rails dans le sens latéral, surtout dans les courbes, et il les empêche de s'incruster dans la traverse, sous le poids des machines et des voitures. Les ingénieurs allemands attribuent à ce rail un avantage auquel ils attachent beaucoup d'importance, c'est de rapprocher, autant que possible, le point d'application de la charge de la traverse, qui, par suite, a moins de tendance au renversement, l'effort qui la sollicite agissant à l'extrémité d'un bras de levier moins long. Sur le chemin de fer de Bonn à Cologne, les joints sont maintenus par des coussinets en fonte et des coins en bois.

Rail à simple champignon.

Les rails à simple champignon se rencontrent sur six chemins de fer de construction déjà ancienne, les chemins de Nürberg à Fürth, de Munich à Augsbourg, du Nord en Autriche, de Berlin à Postdam, de Dusseldorf à Elberfeld, et le chemin de fer Rhénan. Ils ont été, en outre, adoptés par les ingénieurs autrichiens pour les chemins de fer de l'Etat en construction. Sur quatre de ces premiers chemins, les deux parties du renflement

inférieur sont symétriques, ce qui permet le retournement; le rail est maintenu dans le coussinet par des coins en bois. Sur le chemin de fer Rhénan, le coin est à l'intérieur de la voie. Sur les deux autres et sur les chemins de l'Etat, en Autriche, le rail est pressé dans le coussinet par des cales en fer. On remarque dans les coussinets du plan incliné d'Elberfeld à Dusseldorf, une disposition fort utile pour empêcher les rails de la voie descendante de marcher en avant : la gorge du coussinet présente une saillie en forme de prisme triangulaire, sur lequel vient s'appuyer le rail supérieur, dont l'angle à la base a été coupé.

Rail à double champignon.

On ne trouve de rails à double champignon que sur le chemin de fer du Taunus, du gouvernement bavarois, et de Berlin à Anhalt; sur ce dernier, on a le projet de leur substituer, pour la seconde voie, des rails américains; le champignon inférieur étant, du reste, plus petit que le supérieur, ils devraient, à la rigueur, rentrer dans la catégorie qui vient d'être examinée. Les rails bavarois, fabriqués en Belgique pour le chemin de fer de l'Etat, et ceux du chemin de Nürnberg à Fürth sont assemblés à mi-fer.

Sur le chemin saxo-bavarois, les rails double T pèsent 24 kilog. 74 déc. par mètre. Jusqu'au pied de la rampe de Neuenmarkt, qui est de 0,014, ils sont posés sur des dés en grès ayant 0,64 de côté et 0,32 d'épaisseur. Les rails ont 5^{m},11 et s'assemblent à mi-fer sur 0^{m},05; la longueur en place est de 5^{m},06; elle est divisée en six portées; les deux extrêmes ont 0^{m},762, et les quatre intermédiaires 0^{m},885. Sur la rampe, on a remplacé les dés par des traverses en chêne, et l'on a ajouté un nouveau points d'appui. La longueur des portées

est de $0^m,539$ pour les deux extrêmes, $0^m,700$ pour les deux penultièmes, et $0^m,861$ pour les trois intermédiaires.

Quoiqu'un certain nombre de nouveaux rails fabriqués pour les chemins de fer allemands les plus récents, soient terminés par une surface plate, se raccordant avec la tige du champignon par des rebords plus ou moins arrondis, la tendance générale paraît être vers la forme bombée. La surface des rails commandés par le Gouvernement bavarois, et dont le profil a été étudié avec beaucoup de soin, est formée par un arc de cercle de $0^m,116$ de rayon. Rails plats et bombés.

Les supports de la voie sont de forme et de nature très variables; dans le grand-duché de Bade, où l'on paraît s'être attaché à donner à la voie une assiette invariable, les rails sont portés par des longrines en bois résineux ou en chêne, assises sur des traverses en bois de chêne ou sur des dés en pierre, dans les tranchées et sur le sol naturel. Ce système repose sur une fondation en moellons, placés de champ, et recouverts de cailloux fortement tassés; l'espace restant de chaque côté des longrines, dont la face supérieure doit nécessairement rester exposée à l'air à cause du peu de saillie des rails, est rempli de sable. Les longrines sont fixées sur les traverses ou sur les dés, au moyen de chevilles en bois. On a préféré les dés en pierre aux traverses, toutes les fois que le prix d'une couple de dés ne dépassait pas le double du prix d'une traverse. Les autres chemins à longrines sont établis de la même manière, moins la fondation en pierres. Les longrines sont généralement en bois résineux. Les traverses, complétement enterrées dans le sable, sont en bois de chêne; cepen- Supports de la voie. Longrines.

dant, sur le chemin de fer de Vienne à Gloggnitz les unes et les autres sont en chêne.

Dés en pierre. Les dés en pierre ont été adoptés dans le duché de Bade et en Bavière, où l'on exploite à très bas prix des dalles de grès des Vosges, très faciles à tailler et à percer, mais cependant d'une grande solidité. Sur les chemins de fer de l'Etat en construction en Bavière, on n'a employé jusqu'ici des traverses que sur les remblais dont la hauteur dépasse 3 mètres. Les dés sont percés de trous, dans lesquels on enfonce des chevilles en bois, qui forment un premier lien entre le coussinet et son support; on chasse ensuite dans les chevilles en bois, des chevillettes en fer à large tête. Lorsque le dé ne se fend pas, il reste invariablement lié avec le coussinet; pour rendre à la voie une partie de l'élasticité que lui donnent les traverses, on intercale, entre le coussinet et le dé, une plaque de feutre goudronnée de 7 à 8 millimètres d'épaisseur.

Le même système de supports en pierre a été employé sur le petit chemin de Nürnberg à Fürth; mais, sur ce chemin, les chevillettes sont barbelées; on s'est en outre servi, pour percer les trous, d'une sorte de tarière montée sur un châssis, qui permettait de percer les trous verticalement, et à une distance exactement égale à celle des trous des coussinets. On retrouve l'application du feutre sur le chemin de fer de Vienne à Gloggnitz, sous les coussinets en fonte destinés à maintenir les bouts de rails dans les joints.

Traverses. Les traverses sont en bois de chêne, sur la plupart des chemins où l'on n'a pas fait usage de longrines pour porter les rails; cependant, on a quelquefois employé des bois résineux, ou même des bois blancs, lorsque le

chêne était trop coûteux; l'expérience démontre maintenant que l'usage de ces bois employés sans préparation, ne présentait qu'une économie factice. Sur le chemin de Berlin à Potsdam, et de Munich à Augsbourg, ouverts à la circulation, l'un à la fin de 1838, l'autre à la fin de 1839, on a commencé, depuis 1844, à remplacer les traverses en sapin, entièrement usées, par des traverses en chêne, quoiqu'il y ait entre les deux espèces de bois une assez grande différence de prix. Dans le grand-duché de Bade, elle est de 66 fr. 88 c. à 49 fr. 81 c.

Sur le chemin de fer saxon-bavarois, on a enfoncé, à l'extrémité des traverses de joint, dans les courbes, des piquets de $0^m,80$ de longueur sur $0^m,10$ d'équarrissage, pour combattre la tendance au déplacement des rails et des traverses.

Sur le chemin de fer de Magdebourg à Halberstadt, on a supprimé les traverses de joint, et on les a remplacées par des portions de longrines de 2 mètres environ de longueur, placées sous les rails, et assemblées par leurs extrémités avec les traverses intermédiaires, situées de part et d'autre du joint. Ce système est d'une pose un peu compliquée, mais il donne de la stabilité aux bouts de rails.

Sur le chemin de fer de l'Etat, en Autriche, on place sous les traverses de joint des portions de longrines de 1 mètre de longueur, pour consolider les joints des rails.

Inclinaison des rails.

Les rails sont généralement inclinés en dedans de la voie; l'inclinaison s'obtient au moyen d'entailles pratiquées dans les traverses; elle varie en Allemagne depuis 0 jusqu'à $\frac{1}{16}$, rapport plus fréquemment adopté.

Le congrès des chemins de fer allemands, tenu à Aix-la-Chapelle en 1850, a approuvé les dispositions suivantes, et en a recommandé l'adoption à toutes les administrations de chemins de fer.

La largeur de la voie de tous les chemins de fer allemands sera de 4 pieds 8 $\frac{1}{2}$ pouces anglais, soit $1^m,435$, dans les courbes d'un rayon moindre de 600 mètres. La largeur de la voie sera augmentée proportionnellement à la longueur du rayon. Le maximum de cet élargissement sera de $\frac{3}{4}$ de pouce, soit $0^m,019$.

Le minimum des rayons des courbes sera de 360 mètres au dehors des gares et stations. Dans l'intérieur des stations, ou à leur proximité, cette limite sera portée à 180 mètres. Dans les endroits où ces dispositions deviennent impraticables, des rayons de 180 mètres pourront être admis pour le premier cas, et des rayons de 170 mètres pour le deuxième cas.

L'attache des rails aux points de jonction, au moyen de simples chevilles sans coussinets, est considérée comme insuffisante; ce mode d'attache doit être rejeté.

La partie supérieure du rail doit être placée, au minimum, à une hauteur de $0^m,038$ au-dessus des coussinets ou des attaches.

Dans les alignements droits, les rails doivent être placés de niveau; dans les courbes, les rails extérieurs doivent être surélevés.

Les voies des chemins à double voie, doivent être écartées de $1^m,40$ au minimum.

Sur le chemin de fer de Vienne à Trieste, on a modifié le jeu de la voie et la surélévation de la manière suivante :

RAYONS.	JEU DE LA VOIE.	SURÉLÉVATION.
316 mètres.	0,029 mètres.	0,074 mètres.
285 »	0,032 »	0,082 »
253 »	0,037 »	0,092 »
221 »	0,041 »	0,103 »
190 »	0,047 »	0,122 »

Le tableau ci-après est extrait de l'ouvrage de M. Lechatellier (*) ; il résume les éléments principaux de la voie de fer pour vingt-sept chemins de fer en exploitation. Lorsqu'un même chemin présentait différents système de voies, supports, etc., c'est toujours le plus récent de ces sytèmes dont l'auteur a reproduit les éléments. Pour plusieurs chemins, quelques uns de ces éléments lui ont manqué.

(*) *Chemins de fer d'Allemagne*, page 192.

SIGNES CONVENTIONNELS. — P, *rails plats*; — A, *rails américains*; — U, *rails en U renversé*; — C, *rails à champignon simple*; — C C, *rails à champignon double*; — T, *traverses*; — D, *dés en pierre*; — L, *longrines*; — T L, *traverses et longrines*.

NOMS des CHEMINS DE FER.	LARGEUR.		RAILS				COUSSINETS		SUPPORTS		POIDS DES CHEVILLES OU CRAMPONS.	JEU de la VOIE.
	DE LA VOIE.	DE L'ENTRE-VOIE.	FORME.	INCLINAISON.	LONGUEUR.	POIDS DU MÈTRE.	DE JOINT.	SIMPLES.	NATURE.	ESPACEMENT MOYEN DES DÉS ET TRAVERSES.		
	m.	m.			m.	kil.	kil.			m.	kil.	m.
Bade (Chemin de l'Etat) .	1,600	1,60	U	1/24	4,50	26,23	1,50	»	L	2,25	0,20	0,00
Wurtemberg, id.	1,435	1,86	A	1/18	4,57	26,77	3,25	»	T	0,76	0,27	»
Nürnberg à Fürth	1,449	»	C	1/8	4,38	14,06	6,17	5,04	D	0,73	»	»
Munich à Augsbourg . . .	1,435	»	C	»	4,50	22,32	9,52	7,84	T	0,87	»	»
Bavière (Chemin de l'Etat)	1,447	2,00	C C	1/40	5,11	23,76	11,48	8,96	D et T	0,85	»	0,026
Budweis à Linz	1,106	»	P	»	2,84	2,52	»	»	L	1,89	»	»
Vienne à W. Neustadt. . .	1,435	2,37	A	1/18	5,57	26,02	5,60	»	L	1,26	»	»
W. Neustadt à Gloggnitz. .	1,435	»	P	1/18	»	15,50	»	»				

Nord de l'emp. Ferdinand.	1,435	»	C	1/24	4,74	21,26	8,96	6,16	T	0,79	0,28	0,020
Haute-Silésie	1,435	»	A	1/16	5,65	26,79	1,61	»	T	0,94	»	0,02
Breslau à Freiburg. . . .	1,435	»	A	1/16	5,65	29,76	»	»	T	0,91	0,25	»
Berlin à Francfort	1,435	1,83	U	1/16	»	24,80	»	»	L	1,25	»	0,02
Berlin à Stettin.	1,435	»	A	1/16	5,65	25,34	»	»	T	0,81	»	0,01
Berlin à Postdam.	1,435	»	C	0	4,71	22,31	10,76	7,95	T	0,94	0,21	0,02
Anhalt.	1,435	»	C C	1/32	»	25,28	»	»	T	0,94	»	0,025
Magdebourg à Lepzig. . .	1,435	1,88	A	1/16	5,65	26,27	»	»	T	0,94	»	0,01
Magdebourg à Halberstadt.	1,435	»	A	1/16	4,70	29,32	»	»	T L	0,94	»	»
Dusseldorf à Elberfeld. . .	1,435	1,88	C	0	4,57	24,59	7,97	7,46	T L	0,82	0,23	»
Rhénan.	1,435	»	C	»	»	25,78	10,28	9,26	T	0,94	»	»
Bonn à Cologne	1,435	»	A	»	4,70	31,50	10,79	»	T	0,94	»	»
Leipsig à Dresde.	1,435	1,41	A	1/20	»	25,78	»	»	T	0,71	»	»
Saxon-Bavarois	1,435	»	A	1/16	5,46	29,50	»	»	T	0,91	»	0,02
Id.	1,435	»	C C	1/16	5,11	24,74	11,54	8,19	D et T	0,84	»	0,02
Brunswick à Magdebourg .	1,435	»	A	0	4,57	31,73	5,14	»	T	0,91	»	0,02
Brunswick à Hanovre. . .	1,435	»	A	0	5,46	32,22	»	»	T	0,91	»	0,01
Hambourg à Bergedorf. .	1,442	»	A	»	»	30,73	»	»	»	»	»	»
Altona à Kiel	1,435	1,86	A	»	»	28,25	»	»	»	»	»	»
Taunus.	1,300	»	C C	»	4,70	29,50	11,06	9,52	T	0,91	»	»
Main au Neckar	1,435	»	A	»	5,00	35,00	»	»	T	0,83	»	»

Nous avons inséré parmi les rails des planches 5, 6, 7 et 8, les coupes de différents rails employés en Allemagne; ces dessins sont extraits de l'ouvrage de MM. Polonceau et Perdonnet.

Ils représentent :

Fig. XIX, pl. 5, le rail de Potsdam, dont le poids est porté par M. Perdonnet à 25 kilog., et par M. Lechatellier à 22 kilog. 31 déc.

Fig. I, pl. 6, le rail de Cologne à Aix-la-Chapelle, pesant 27 kilog.

Fig. X, pl. 6, le rail de Berlin à Dresde, pesant 28 kilog.

Fig. XXII, pl. 6, le rail de Francfort à Mayence, pesant 30 kilog.

Fig. XXIII, pl. 7, le rail de Vienne à Raab.

Fig. II, pl. 8. le rail de Leipzig à Dresde, dont le poids est de 25 kilog. 78 déc.

Fig XII, pl. 8, le rail de Magdebourg, pesant 21 kilog.

Fig. XIII, pl. 8, le rail de Heidelberg à Carlsruhe, pesant 23 kilog. $\frac{1}{2}$.

Fig. XV, pl. 8, le rail badois, pesant 26 kilog. 23 d.

Fig. XX, pl. 8, la coupe du rail de Neustadt à Gloggnitz.

Fig. XXVI, pl. 8, plan et coupe de l'une des deux plaques placées sous les joints des rails précédents.

Nous donnons, fig. XI, XII, XVI, XVII et XIX, pl. 12, les détails du système employé pour maintenir les joints du rail du chemin de fer de Heidelberg à Carlsruhe.

La fig. XI est une coupe verticale suivant la ligne AB du plan représenté par la fig. XVI.

La fig. XII est une élévation dans le sens de la longueur du rail.

Les fig. XVII et XIX indiquent : la fig. XVII l'élévation, et la fig. XIX le plan du support.

---

§ II. — CHEMINS DE FER D'ANGLETERRE.

Au 1er janvier 1852, on comptait, tant en Angleterre qu'en Ecosse et en Irlande, 11,101 kilomètres de chemins de fer en exploitation, et 8,214 kilomètres en construction. Longueur des chemins exécutés.

En Angleterre, on a généralement adopté la voie de 1m,435, ou 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. On compte environ 440 kilomètres avec une voie de 2m,11. Plusieurs lignes, établies d'abord avec une largeur intermédiaire, ont été ramenées à celle de 1m,435. Largeur de la voie.

En Ecosse, après avoir choisi une largeur de voie intermédiaire entre les deux premières, on s'est décidé à la réduire à 1m,435.

En Irlande, bien que la ligne de Dublin à Kingstown eût été construite avec une voie de 1m,435, on a adopté 1m,575 pour largeur légale et obligée de tous les autres chemins de fer.

On trouve sur les chemins de fer anglais, presque toutes les formes de rails employées jusqu'à présent. Forme des rails.

Les divers documents que nous allons donner sur les chemins de fer anglais, sont extraits de l'ouvrage de Wishaw ; nous les avons complétés au moyen de notes que nous avions prises lors de notre voyage en Angleterre, à la fin de 1840.

ARBROATH AND FORFAR RAILWAY.

Ce chemin a été ouvert au public le 3 janvier 1839. Le rail a la forme d'un double T parallèle ; les deux bases ne sont pas d'égale section *(fig. XXVIII, pl.* 5). Il pèse 48 lbs. par yard. La voie a 5 pieds 6 pouces de largeur ; les coins sont en bois ; les rails reposent sur des dés en pierre, et sur des traverses qui ont 8 pieds 6 pouces de longueur sur 8 pouces de largeur et 4 pouces d'épaisseur.

ARDROSSAN AND JOHNSTON RAILWAY.

Le premier rail était ondulé et pesait 28 lbs. le yard ; l'entre-voie était alors de 4 pieds 6 pouces ; maintenant il a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$, et le rail a la forme double T parallèle *(fig. VI, pl.* 6). Il pèse 56 lbs. le yard ; les chairs sont du poids de 18 à 19 lbs. Ils sont fixés sur des dés en pierre de 2 pieds carrés sur 9 pouces d'épaisseur.

AYLESBURY RAILWAY.

Ce chemin a été livré au public le 10 juin 1839. La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Le rail est semblable à celui de Londres à Birmingham, c'est-à-dire qu'il est en double T parallèle *(fig. XI, pl.* 6) ; sa longueur est de 16 pieds. Les coins sont en bois ; les chairs sont placés à 4 pieds de centre en centre ; ils sont fixés sur des traverses de 9 à 10 pieds de longueur.

BALLOCHNEY RAILWAY.

Dans l'origine, la traction était faite par des chevaux. Les rails pesaient alors de 20 à 28 lbs. ; ils étaient ondulés ; leur longueur était de 18 pieds. Ils ont été rem-

placés, au bout de dix années, par des rails de 54 lbs. ayant la forme double T parallèle *(fig. XXIX, pl. 5)*, et fixés au moyen de coins en bois sur des chairs pesant 21 lbs. pour les joints, et 17 lbs. pour les autres points. La largeur de la voie est de 4 pieds 6 pouces.

BIRMINGHAM AND DERBY JUNCTION.

Ce chemin a été livré au public le 11 août 1839. Le rail a la forme simple T parallèle *(fig. VII, pl. 5)*. Il pèse 57 lbs. par yard, et repose sur des chairs espacés de 3 pieds et fixés sur des traverses.

La voie a 4 pieds 9 pouces de largeur.

BIRMINGHAM AND GLOUCESTER RAILWAY.

Le rail a la forme double T parallèle comme l'indique la fig. XXV, pl. 7. Il pèse 56 lbs. par yard. Dans les premiers rails, la surface de roulage, ou partie supérieure du rail, était plate; on lui a substitué la forme bombée comme dans la fig. XXV.

La longueur du rail est de 15 pieds.

Sur les remblais, les rails reposent sur des chairs écartés de 2 pieds $\frac{1}{2}$; mais dans les tranchées, les chairs sont distants de 5 pieds, et entre eux se trouve placé une espèce de patin fixé à la longrine, et ayant 5 pouces sur 3 pouces $\frac{7}{8}$; leur poids est de 3 lbs. chaque. Suivant M. Wishaw, les chairs de joint ont 7 pouces sur 4 pouces et pèsent 24 lbs.; les autres ont 5 pouces sur 4 et sont du poids de 18 lbs.

Nous donnons *(fig. XIV, pl. 12)* le dessin d'un chair que nous avons pris sur le chemin même, en 1840. Nous avons trouvé que les chairs intermédiaires avaient

en largeur $0^m,11$ ou 4 pouces $\frac{1}{2}$, et ceux de joint $0^m,16$ ou 6 pouces $\frac{1}{2}$.

Une partie du chemin est posée sur longrines et une autre sur traverses; ce dernier système est surtout employé dans les courbes. Les longrines sont en sapin d'Amérique; elles ont de 15 à 60 pieds de longueur sur 13 pouces de largeur et 6 pouces d'épaisseur. Elles sont *kyannisées*, et reposent sur des morceaux de bois demi-ronds, de 7 pieds 2 pouces de long sur 7 pouces et 3 pouces $\frac{1}{2}$, et dont la distance est d'environ 13 pieds. Ces pièces de bois sont fixées aux longrines par des boulons qui servent en même temps à maintenir les chairs. Les coins sont en hêtre; ils ont 9 pouces de longueur. Les chairs sont fixés par des boulons à écrous de $\frac{3}{4}$ de pouce de grosseur. Les traverses sont en hêtre et en melèze kyannisés; elles ont 8 pieds sur 10 pouces de large et 5 pouces d'épaisseur.

Ce chemin a été ouvert au public le 24 juin 1840; la voie a 4 pieds 9 pouces de largeur.

BISHOP AUCKLAND AND WEARDALE RAILWAY.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur; les rails sont parallèles et pèsent 50 lbs. le yard; ils reposent sur des dés en pierres.

BODMIN AND WADEBRIGE RAILWAY.

Les rails sont de forme parallèle; ils ont de 15 à 18 pieds de longueur; leur poids est de 42 lbs. par yard. Les chairs de joint pèsent 12 lbs. et les autres 10 $\frac{1}{2}$.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur; les rails reposent sur des dés en granit, d'environ 12 pouces d'épaisseur sur 20 pouces carrés. De distance en distance,

les joints reposent sur des pierres de 6 pieds de longueur posées en travers de la voie.

BOLTON AND LEIGH AND KENYON RAILWAY.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$; il y a eu sur ce chemin trois espèces de rails : le premier était ondulé et pesait 35 lbs.; le deuxième est parallèle et du poids de 63 lbs.; le dernier a la forme américaine et pèse 43 lbs. le yard. Les portées étaient de 3 pieds pour le premier rail, et de 4 pieds pour le deuxième; les chairs de joint de ce dernier pèsent 20 lbs. et les autres 16 lbs. Les coins sont en poirier non comprimé; ils ont en section 2 pouces sur 2 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails, de forme américaine, reposent sur des blocs de pierre de Bolton, cubant 4 pieds; ils y sont maintenus par des chevilles en fer, qui, prenant la base du rail, sont enfoncées dans des chevilles en bois encastrées dans la pierre. Quelques uns de ces rails sont fixés sur des planches de 1 pouce $\frac{1}{2}$, arrêtées sur des traverses. M. Wishaw fait observer que l'on ne trouve pas cette méthode convenable, et que plusieurs dés se sont brisés; les bois, quoique kyannisés, sont en mauvais état.

BOLTON AND PRESTON RAILWAY.

Les travaux étaient très avancés en octobre 1840. Le rail a la forme d'un U renversé (*fig. XIV, pl.* 8); il pèse 53 lbs. par yard, et repose sur des longrines en sapin ayant 14 pouces de largeur sur 7 pouces d'épaisseur. L'écartement des longrines est maintenu au moyen de tringles en fer espacées les unes de 3 pieds 3 pouces, les autres de 4 pieds 11 pouces, et dont le diamètre est de 0,58 pouce.

Les fig. X et XV, pl. 12, représentent le système employé pour maintenir les extrémités des rails : la fig. X est une coupe verticale prise suivant la ligne AB du plan. Le joint des deux rails repose sur une plaque en fonte G, ayant 9,85 pouces de longueur sur 4,65 pouces de largeur et 0,70 pouce d'épaisseur; au milieu de cette plaque est une saillie, ou bourrelet C, qui pénètre dans la cavité des rails, et les maintient, par conséquent, dans le sens transversal. Cette plaque est fixée à la longrine par deux boulons F, F, qui arrètent en même temps les deux morceaux de fonte D, D, placés de manière à reposer en partie sur le rebord du rail. Entre les pièces D, D, et la plaque G, on met des morceaux de feutre E, E. Ce système nous a paru fort simple et très solide; le rail est, du reste, maintenu au milieu de sa longueur par deux boulons traversant ses rebords ou patins, et dans le surplus par des crosses de 6 pouces de longueur, espacées de 3 pieds.

Avant d'être posées, les longrines sont mises dans une chaudière fermée, dans laquelle on fait bouillir, pendant une heure et demie, de l'eau saturée d'arsenic.

BRANDLING JUNCTION RAILWAY.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$; le rail est parallèle (*fig. XXIV, pl.* 5), et entièrement semblable à celui adopté dernièrement pour le chemin de Newcastle à Carlisle. Les chairs sont espacés de milieu en milieu, de 3 pieds; sur les remblais, ils reposent sur des traverses en mélèze, de 8 pieds de longueur sur 8 pouces de largeur et 4 pouces d'épaisseur. Dans les tranchées, les traverses sont remplacées par des dés en pierre cubant 4 pieds et placés diagonalement.

Ce chemin a été livré au public en juin 1839.

CANTERBURY AND WHITSTABLE RAILWAY.

La circulation publique a commencé sur ce chemin le 3 mai 1830. La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$; le premier rail était en fer forgé, d'un faible poids; il reposait sur des chairs distants de 3 pieds, et placés sur des traverses en chêne. On lui a substitué un rail double T ayant $0^m,125$ de hauteur et une épaisseur de $0^m,017$ à la tige. Les champignons ont $0^m,063$ de largeur; leur surface supérieure est bombée.

CHESTER AND BIRKENHEAD RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 9 pouces; les rails sont parallèles, de la forme simple T (*fig. IV et V, pl.* 5); ils pèsent 56 lbs. par yard; ils sont fixés dans les chairs au moyen d'une boule et d'un coin, comme au chemin de Manchester à Leeds (*fig. IX, pl.* 9).

Les chairs intermédiaires pèsent 21 lbs., et ceux de joint, 24 lbs.; ils reposent sur des traverses en mélèze et en sapin, dont quelques unes sont kyannisées; celles en mélèze ont 9 pieds de longueur, sur 10 pouces de largeur et 5 pouces d'épaisseur; les autres sont demi-rondes, et ont pour les joints 11 pouces de largeur sur 5 $\frac{1}{2}$, et pour les autres chairs 10 pouces sur 5. Les chairs sont fixés au moyen de crosses de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre sur 7 pouces de long.

CHESTER AND CREWE RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{3}{4}$; les rails ont 15 pieds de longueur; ils sont de forme parallèle, et pèsent 56 lbs. par yard. Les chairs de joint pèsent 24 lbs., et les intermédiaires 20 lbs.; ils reposent sur des

dés et sur des traverses; les dés ont 4 pieds cubes ; les traverses sont en mélèze et en sapin.

Entre les chairs et les dés, on a mis un morceau de feutre. Chaque chair est posé avec une inclinaison d'environ $\frac{3}{8}$ de pouce sur sa longueur.

CLARENCE RAILWAY

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont parallèles *(fig. XXIII, pl. 5)*; ils pèsent de 44 à 45 lbs. le yard; les premiers pesaient seulement 38 lbs. *(fig. I, pl. 4)*. Les chairs reposent, partie sur des traverses, partie sur des dés; ils y sont fixés au moyen de chevilles en bois. En 1840, on a remplacé les dés par des traverses.

DUBLIN AND KINGSTOWN RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont de forme parallèle et pèsent 45 lbs *(fig. IV, pl. 6)*. Leur hauteur est de 4 pouces; la surface supérieure a 2 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur, et celle de la base 2 pouces $\frac{1}{4}$. Les chairs sont écartés de 3 pieds; ils ont 8 pouces de long sur 9 de large. Les coins sont en hêtre, et ont 9 pouces $\frac{1}{2}$ de long sur 2 pouces $\frac{5}{8}$ et 1 pouce $\frac{1}{2}$; ils sont kyannisés, exposés à une température de 100°, puis comprimés entre deux cylindres.

Dans l'origine, toute la ligne était posée sur des dés en pierre; mais dans l'automne de 1839, les dés de l'une des voies ont été remplacés par des longrines, et ceux de l'autre voie par des traverses. Les longrines ont 12 pouces de large sur 6 pouces, et sont réunies par des traverses espacées de 12 pieds, et assemblées dans les longrines à queue d'aronde, comme au chemin du

Great-Western. Les autres traverses ont 6 pieds sur 7 pouces et 3 pouces ; les chairs sont fixés au moyen de chevilles de 10 pouces.

DURHAM JUNCTION RAILWAY.

Les rails sont ondulés ; ils pèsent 40 lbs. par yard, et reposent sur des dés en pierre placés diagonalement, comme sur le chemin de Londres à Birmingham.

DURHAM AND SUNDERLAND RAILWAY.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Il y a différentes espèces de rails ; les uns sont en fonte et de forme ondulée ; ils ont 6 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur au milieu, et 2 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur au sommet. L'épaisseur de la partie centrale a 1 pouce $\frac{3}{8}$; leur longueur est de 4 pieds ; leur poids varie de 84 à 68 livres. Les autres rails sont en fer forgé ; ils ont la forme d'un simple T parallèle, et pèsent 42 lbs. par yard ; leur portée est de 3 pieds. Les chairs de joint pèsent 14 lbs. et les autres 10 lbs. La pose est entièrement faite sur des traverses en mélèze ayant 7 pouces de diamètre ; celles qui reçoivent les chairs de joint ont 8 pieds de longueur et les autres 7 pieds.

DUNDEE AND ARBROATH RAILWAY.

Le rail est le même que pour le chemin d'Arbroath and Forfar (*fig. XXVIII*, *pl.* 5). La pose est faite, partie sur dés, partie sur traverses. La largeur de la voie est de 5 pieds 6 pouces.

Ce chemin a été terminé en 1838.

DUNDEE AND NEWTYLE RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 6 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont ondulés et pèsent, les uns 28 lbs., et les autres 35 lbs.

La distance des chairs est de 3 pieds. Les rails sont maintenus dans les chairs au moyen d'une petite clé en fer. Les dés pour les joints ont 2 pieds carrés sur 10 pouces d'épaisseur; les autres ont 1 pied 10 pouces carrés sur 10 pouces d'épaisseur. Le poids des chairs est de 10 lbs.

Ce chemin a été achevé le 1er décembre 1831.

EASTERN COUNTIES RAILWAY.

La largeur de la voie est de 5 pieds. Les rails ont la forme double T et sont parallèles (*fig. VIII, pl.* 7); leur poids est de 75 lbs. par yard; ils reposent sur des traverses.

Ce chemin a été ouvert en 1840.

Dans une assemblée générale du mois d'août 1851, la Compagnie d'Eastern-Counties a décidé que sur une longueur de 45 kilomètres, on appliquerait aux joints des rails le système de consolidation proposé par MM. Samuel et Adams. Cette importante décision a été prise sur cette considération, que l'expérience avait démontrée que, non-seulement ce système donnait une voie très douce, et réduisait en même temps la dépense de traction, mais qu'il produisait encore une économie sur les frais d'entretien de la voie.

Ce système de consolidation est représenté en élévation et en coupe par les fig. II, pl. 15. Il consiste à placer une traverse à 0m,40 environ de l'extrémité de chaque rail, et à assembler ces rails au moyen de deux plaques en fer légèrement bombées, et disposées comme l'indique la coupe (*fig. II*). Ces espèces d'éclisses ont 0m,45 de longueur; elles sont réunies au moyen de quatre boulons.

Pour faciliter la dilatation, on a soin d'ovaliser les trous percés dans l'un des bouts de rail de chaque joint.

EDINBURGH AND DALKEITH RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 6 pouces. Les rails sont ondulés; leur longueur est de 15 pieds, et leur poids de 28 lbs. par yard. La distance des chairs est de 3 pieds; ils reposent tous sur des dés ayant 24 pouces sur 18 pouces et 8 pouces.

La circulation a commencé sur ce chemin en juillet 1831.

EDINBURGH AND GLASGOW RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$; les rails ont la forme d'un double T et sont parallèles; leur poids est de 75 lbs. par yard. En général, ils reposent sur des dés en pierre de taille. Sur quelques parties, on a employé des traverses demi-rondes en mélèze, de 9 pieds de longueur sur 10 pouces et 4 pouces $\frac{1}{2}$.

GARNKIRK AND GLASGOW RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 6 pouces.

Dans l'origine, le rail était ondulé (*fig. IX*, *pl.* 3) et pesait 28 lbs. par yard; sa longueur était de 15 pieds. En 1839, une voie fut entièrement renouvelée, et des rails du poids de 42 lbs. et de 56 lbs. y furent placés. Ceux de 42 lbs. avaient 2 pieds $\frac{1}{2}$ de portée, et ceux de 50 lbs., 3 pieds. Les chairs de ces derniers pesaient 18 lbs. pour les joints, et 15 lbs. pour les autres. En général, la pose a été faite sur des dés en pierre. A la traversée d'un terrain marécageux d'environ 1 mille de longueur, les dés sont remplacés par des longrines en sapin rouge, ayant 9 pouces de large sur 4 $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, et par des traverses

de mélèze, de 6 pieds de long, placées à 3 pieds de distance.

Ce chemin a été livré au public en 1832.

GLASGOW, PAISLEY, KILMARNOCK AND AYR RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont de deux espèces : les uns (*fig. IX*, *pl.* 6) sont parallèles et à double T ; ils ont 16 pieds de longueur et pèsent 75 lbs. ; ils ont 4 pieds de portée, et sont maintenus dans les chairs au moyen de coins en bois de 6 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur sur 3 pouces et 2 pouces. Les chairs ont 10 pouces de longueur sur 5 de largeur ; ils reposent, partie sur des dés en pierre, partie sur des traverses. Les dés pour les joints ont 5 pieds cubes, et les autres 4 pieds cubes ; on a placé un morceau de feutre entre les chairs et les dés. Les traverses sont en mélèze ; elles ont 9 pieds de longueur sur 9 pouces et 5 pouces ; elles sont demi-rondes.

Les autres rails ont la forme américaine (*fig. XIX*, *pl.* 8) ; leur longueur est de 15 pieds, et leur poids de 45 lbs. par yard. Les longrines ont 12 pouces de largeur sur 6 pouces d'épaisseur ; elles reposent sur des traverses ayant 8 pieds 6 pouces de long sur 6 pouces et 3 pouces $\frac{1}{2}$. Les longrines sont réunies aux traverses par des boulons à écrous. Les rails sont fixés aux longrines par des boulons de $\frac{5}{8}$ de pouce de diamètre et 10 pouces $\frac{1}{4}$ de longueur, qui passent dans des trous ménagés dans les rebords du rail ; ces trous sont espacés de 18 pouces, et s'alternent de chaque côté. Les bois sont goudronnés.

GLASGOW, PAISLEY AND GREENOCK RAILWAY.

Le rail a la forme parallèle double T (*fig. XI*, *pl.* 7) ;

son poids est de 75 lbs. par yard. Les dés en pierre et les traverses sont également employés, les premiers dans les tranchées, et les dernières sur les remblais. Les dés de joint ont 5 pieds cubes et les autres 4 pieds; les premiers sont en général placés en diagonale. Les traverses sont demi-rondes, en mélèze ; elles ont 9 pieds sur environ 10 pouces et 4 pouces $\frac{1}{2}$. Les coins sont en bois; ils ont 6 pouces $\frac{1}{2}$ de long sur 3 pouces et 2 pouces.

GRAND-JUNCTION RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont parallèles et à double T; leur section varie, ainsi qu'on peut le voir par les fig. XV, XVI et XVII, pl. 6; leur poids est d'environ 68 lbs. par yard, et les portées sont de 3 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont maintenus par des coins en bois qui ont, pour les chairs de joint, 6 pouces de longueur, et pour les autres chairs 3 pouces $\frac{3}{4}$. Les dés et les traverses sont également employés.

GREAT NORTH OF ENGLAND RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails ont la forme simple T (*fig. III*, *pl.* 6), Les chairs de joint pèsent 40 lbs., les autres 28 lbs. $\frac{1}{2}$. Chaque chair est fixé par quatre chevilles de 1 pouce $\frac{1}{4}$ de diamètre. Nous donnons, fig. II et VI, pl. 10, un dessin de ce chair; il diffère essentiellement de ceux employés sur tous les autres chemins. Le rail y est maintenu par une pièce de fonte mobile A, dont la base présente deux saillies C, qui glissent dans deux rainures ménagées à la partie inférieure des montants D, de l'un des côtés du chair. La pièce mobile est pressée contre le rail, au moyen de la clavette ou coin B qui traverse le montant D.

Nous avons vu ce chair en 1840; le rail nous a paru y être parfaitement maintenu. Nous ne pensons pas, néanmoins, que cette disposition soit adoptée sur d'autres chemins, car elle a le grave inconvénient de nécessiter une augmentation de poids, et de présenter de très grandes sujétions pour la fabrication. Nous ajouterons que l'entretien doit en être difficile et coûteux.

Les chairs sont posés sur des dés en pierre ayant 2 pieds de côté et 1 pied d'épaisseur. Lors de notre voyage, en octobre 1840, on posait les rails dans la partie aboutissant à Darlington.

M. J. Cubitt, chargé de l'achèvement de ce chemin, a donné au rail un poids de 35 kilog. 71 par mètre courant, et une longueur de $5^m,48$ qui repose sur sept traverses, dont l'écartement est de $0^m,45$ près les joints, et de $0^m,91$ pour les autres portées.

GREAT WESTERN RAILWAY.

La voie a 7 pieds de largeur. Les rails ont la forme d'un U renversé; leur section a subi différentes modifications; elles sont représentées par les fig. VII, VIII, IX, X et XXV, pl. 8. Leur poids varie de 44 lbs. à 72 lbs. par yard; ce dernier poids de 72 lbs. est celui du rail dont la section est indiquée par la fig. XXV.

Les longrines sont posées sur des traverses en sapin blanc d'Amérique; elles ont 15 pouces de large sur 7 pouces d'épaisseur; elles sont écartées de 5 pieds 11 pouces $\frac{1}{2}$, soit 7 pieds 2 pouces $\frac{1}{2}$ de milieu en milieu. Ces longrines sont fixées sur les traverses au moyen de forts boulons à écrous; elles sont recouvertes d'une planche d'orme de 8 pouces de largeur et de 1 pouce $\frac{1}{2}$ d'épaisseur. Entre cette planche et les longrines, on

a eu soin de mettre une couche de bon goudron de Stockolm.

Les premiers rails étaient maintenus sur la planche au moyen de vis passant dans des trous ménagés sur les deux côtés de la base du rail; une épaisseur de feutre est placée entre les planches et les rails. Presque tous les bois ont été kyanisés, et la surface exposée à l'air a été goudronnée.

Dans l'origine, l'ingénieur de ce chemin, M. Brunel fils, avait fait reposer les longrines sur des pieux. L'expérience a fait renoncer à ce système, qui avait l'inconvénient de donner aux voies une surface d'autant plus ondulée, que les pieux s'enfonçaient plus inégalement dans le sol. On a, en outre, obtenu une très grande économie dans le prix de revient.

La circulation a été établie sur une partie de ce chemin, le 4 juin 1838, et sur toute la longueur, dans le courant de 1841.

GREAT WESTERN UNION AND CHELTENHAM RAILWAY.

Ce chemin réunit Bristol à Cheltenham en passant par Gloucester; il fait, en quelque sorte, suite au Great-Western. Il a été construit par M. Brunel, qui a adopté pour la voie le système suivant :

Le rail pèse 72 lbs. par yard; sa longueur est de 5 yards; la demi-section est représentée par la fig. XXV, pl. 8. Il est fixé sur des longrines, au moyen de quatre chevilles en fer et de deux boulons placés aux extrémités, et dont les écrous sont à crampons, de manière à permettre aux boulons d'être serrés et desserrés par la tête. Les joints sont maintenus au moyen d'une plaque en fer

qui est traversée, ainsi que les deux rails, par les deux boulons, dont l'un est à droite, et l'autre à gauche du rail.

Entre le rail et la longrine, on a placé une espèce de semelle mince, en bois dont les fibres sont en sens contraire de celui des longrines. Cette semelle a pour but d'empêcher le contact direct du rail et de la longrine, et de la conserver plus long-temps aux dépens d'une pièce de bois beaucoup moins coûteuse et plus facile à remplacer.

Les longrines ont 1 pied 3° sur 7° $\frac{1}{2}$; leur écartement est maintenu par des traverses espacées de 15 pieds, et fixées aux longrines par des boulons à pattes; ces traverses ont 5° sur 7° $\frac{1}{2}$.

La fig. I, pl. 13, représente une coupe prise sur un joint de rails.

La largeur de la voie est de 7 pieds.

Le système que nous venons de décrire est considéré par la plupart des ingénieurs anglais, comme un perfectionnement de celui employé au Great-Western.

Sur l'un des embranchements de ce chemin, M. Brunel pose le rail dont la coupe est représentée par la fig. IV, pl. 14, et dont la forme est due à M. W. Barlow (*).

GREAT SOUTHERN AND WESTERN RAILWAY (IRELAND).

La fig. XXVII, pl. 8, représente la moitié de la section du rail adopté par M. John Macniell (**), pour les divers

(*) Voir le chemin de Midland Counties, *page* 320.

(**) En 1849, M. John Macniell était chargé de la construction de 650 kilomètres de chemins de fer en Irlande. (*Annales des Ponts et Chaussées*, juin et mai 1849.)

chemins de fer dont il est chargé de diriger l'exécution, et notamment pour celui de Great-Southern and Western. Ce rail pèse 92 lbs. par yard, soit 45 kil. 62 par mètre; sa longueur est de 18 pieds 6°, ou 5^{m},64; il repose directement sur des traverses, auxquelles il est assujetti par six chevilles en fer et quatre boulons qui sont placés près les joints. Les écrous de ces boulons sont triangulaires et armés de pointes, ainsi que l'indique en plan et en élévation, la fig. XII, pl. 13. Pour maintenir les extrémités des rails, on emploie une plaque en fer forgé, ayant dans son milieu, un rebord qui pénètre dans le creux du rail, et dont les quatre angles présentent des échancrures destinées au passage des quatre boulons.

La fig. II, pl. 13, représente la coupe du rail prise près d'un joint, et la fig. VII, le plan de la plaque de joint.

Pour un rail, les traverses sont placées aux distances suivantes :

2 pieds — 2 pieds 6°; — 3 pieds — 3 pieds 6°; — 3 pieds — 2 pieds 6° et 2 pieds.

Le rail est incliné de $\frac{1}{20}$.

La voie a 4 pieds 10 pouces de largeur.

Les diverses pièces de cette voie ont les dimensions suivantes :

Rail, poids par yard. .	92 lbs., ou	45^{k},62	par mètre.
Boulons p^{r} les joints .	1^{lb},04, ou	0^{k},47	»
Ecrous.	1^{lb},00, ou	0^{k},45	»
Chevilles en fer. . . .	0^{lb},80, ou	0^{k},36	»
Plaques en fer.	6^{lb},00, ou	2^{k},72	»

Traverses (leur équarrissage varie).

Il est de 12° sur 6° pour les traverses de joint; de

10° sur 5° pour celles placées à droite et à gauche du joint; de 9° sur 4° $\frac{1}{2}$ pour la suivante, et de 8° sur 4° pour les deux traverses placées à droite et à gauche du milieu du rail.

HULL AND SELBY RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont à peu près semblables à ceux des chemins de fer de Croydon et North Shields (*fig. XXII, pl.* 7 et *fig. III, pl.* 8); ils sont de deux espèces. Ceux destinés à être placés sur des longrines pèsent 55 lbs; les autres sont posés sur des traverses et pèsent 63 lbs.; les premiers ont 2 pouces $\frac{3}{4}$ de hauteur, et les autres 3 pouces $\frac{3}{4}$. Les plus bas reposent sur des semelles de 12 pouces de longueur sur 5 pouces de largeur et 2 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur, pesant chacune 22 lbs.

Les rails posés sur les traverses ont des chairs de 12 pouces de longueur sur 5 pouces de largeur et 3 pouces $\frac{3}{4}$ de hauteur; ces chairs sont maintenus par quatre chevilles. Il n'y a point de dés sur ce chemin; les deux tiers de la longueur sont posés sur des longrines, et le reste sur des traverses. Tous les bois sont kyanisés.

Ce chemin a été livré au public le 1er juillet 1840.

LANCASTER AND PRESTON RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Le rail est parallèle, de forme double T; son poids est de 65 lbs. par yard (*fig. XXIII, pl.* 6). Les chairs intermédiaires ont 10 pouces de longueur sur 5 pouces de largeur et 5 pouces de hauteur; leur poids est de 19 lbs. $\frac{1}{2}$. Les

chairs de joint ont à peu près la même forme et pèsent un peu plus.

Sur les remblais, on a employé des traverses; elles sont en mélèze; elles ont 9 pieds de longueur sur 10 pouces et 5 pouces. Dans les tranchées, les chairs reposent sur des dés en pierre, cubant environ 4 pieds. On a placé un morceau de feutre entre les chairs et les dés.

L'ouverture de ce chemin a eu lieu le 26 juin 1840.

LEEDS AND SELBY RAILWAY.

Largeur de la voie : 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails sont du même poids que ceux du railway de Liverpool à Manchester, c'est-à-dire 35 lbs. par yard. Ils sont parallèles et de la forme simple T (*fig. XIV*, *pl.* 5); leur longueur est de 15 pieds; ils reposent chacun sur six petits chairs fixés à la distance de 3 pieds, soit sur des dés en pierre, soit sur des traverses en mélèze. Les coins sont en fer; on les a évidés, afin que le rail ne les touchât que par de petites surfaces. Ils sont placés à l'extérieur de la voie; quelques uns des dés ont été placés diagonalement, comme on l'a fait depuis au chemin de Londres à Birmingham; ils ont 3 pieds de longueur sur 16 pouces de largeur et 12 pouces de hauteur. Dans quelques parties, les dés se touchent, et des liens en fer sont placés de manière à maintenir la largeur de la voie. On a depuis peu remplacé les anciens rails par des nouveaux pesant 42 lbs. le yard.

Le chemin de Leeds à Selby a été livré au public le 22 septembre 1834.

LEICESTER AND SWANNINGTON RAILWAY.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails ont la forme ondulée et reposent, partie sur des dés en pierre, partie sur des traverses.

Ce chemin a été livré au public le 17 juin 1832.

LIVERPOOL AND MANCHESTER RAILWAY.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur.

L'ouverture du chemin a eu lieu le 15 septembre 1830. On y a employé successivement différentes espèces de rails dont les sections sont représentées par les fig. XVII et XVIII, pl. 5, et les fig. XVI, XVII, XVIII et XIX, pl. 7. On y a également essayé la forme de rails dits *Moris-Prévost*, représentés par les fig. XX et XXI de la même planche; mais on les a promptement abandonnés. On a encore fait usage d'un sixième rail qui ne différait de celui représenté par la fig. XV, que par la largeur du champignon; cette largeur était de 0,077, au lieu de 0,066. Cette différence de forme nous a paru trop légère pour ne pas nous dispenser de donner le dessin de ce sixième rail.

Le poids le plus élevé des rails double T employés jusqu'en 1842, est de 75 lbs. par yard; les autres rails pesaient 70, 62 et 60 lbs.; on a également employé quelques rails ondulés du poids de 50 lbs. le yard (*fig. VIII, pl. 3*).

Les rails pesant 75 et 70 lbs., avaient des portées de 3 pieds 9 pouces à 5 pieds; pour ceux de 62 et 60 lbs., les portées étaient de 3 pieds. Dans l'origine, plus de la moitié de la ligne était posée sur des dés en pierre;

on les a remplacés peu à peu par des traverses en mélèze, dont les dimensions sont de 8 à 9 pieds de longueur sur 9 pouces de largeur et 4 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur; elles sont demi-rondes. Les dés ont 15 pouces de longueur sur 13 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur et 9 pouces de hauteur. Les chairs de joint pour les rails les plus lourds, ont 9 pouces $\frac{3}{8}$ de longueur sur 6 pouces $\frac{1}{8}$ de largeur; leur poids est de 26 lbs. Les coins sont en chêne comprimé au moyen d'une presse hydraulique de Bramah. Avant de les soumettre à la presse, on les plonge dans l'huile de palme; ils ont 6 pouees de longueur. Dans leur état naturel, ils ont en section 2 pouces $\frac{7}{16}$ carrés. La compression les réduit à 2 pouces $\frac{3}{8}$ sur 2 pouces $\frac{1}{8}$. Quatre hommes peuvent préparer en une journée sept cents coins de 6 pouces de longueur.

LONDON AND BIRMINGHAM RAILWAY (LONDON AND NORTH WESTERN RAILWAY).

Ce chemin fut livré au public le 16 octobre 1837.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les premiers rails étaient ondulés; ils pesaient environ 50 lbs. le yard (*fig. VII, pl. 4*). Ils ont été remplacés par des rails parallèles double T (*fig. XXVIII* et *XXIX*, *pl.* 6), du poids de 65 et 75 lbs., et de 15 pieds de longueur, avec portée de 3 pieds 9 pouces, et 4 pieds. Les coins sont en bois comprimé; ils ont différentes longueurs; les uns ont 4 pouees, d'autres 5 pouces $\frac{1}{2}$ et 6 pouces. Les chairs de joint pèsent 31 lbs., et les intermédiaires 26 lbs. $\frac{1}{2}$. La fig. III, pl. 10, représente l'élévation, et la fig. VII, le plan du chair intermédiaire.

Les chairs sont posés de manière à donner aux rails une inclinaison de $\frac{1}{20}$ vers l'intérieur de la voie.

Primitivement, la pose était faite sur dés dans les tranchées, et sur traverses dans les parties en remblais. Les traverses étaient en mélèze, sapin et chêne. Depuis quelques années, on a remplacé les dés par des traverses. Les dés étaient en granit et posés en diagonale; ceux des joints cubaient 5 pieds et les autres 4 pieds. Les traverses ont été kyanisées; elles ont 7 pieds de longueur sur 9 pouces de largeur et 5 pouces de hauteur.

L'ancien rail (*fig. VII, pl. 4*) avait $4^{m},60$ de longueur; il était supporté par six chairs, et maintenu dans chacun d'eux, comme nous l'expliquerons plus bas pour le rail de Blackwall (*fig. III, pl.* 9); sa plus grande hauteur était $0^{m},126$, et sa plus petite $0^{m},094$. Le plafond du chair était formé par une pièce mobile, dont la partie inférieure était demi-cylindrique, et pouvait se mouvoir dans le sens de la longueur du rail. Au moyen de cette pièce de rapport, le rail, lorsqu'il venait à fléchir, se trouvait supporté dans toute la largeur du chair, au lieu de ne porter que sur une arrête, comme cela a lieu dans les chairs ordinaires. Nous ignorons pour quels motifs on a renoncé à cette disposition.

Nous donnons, fig. XXX, pl. 5, la coupe du rail proposé par M. Daligh, et auquel fut décerné le prix offert par les actionnaires du chemin de fer de Birmingham (*).

Nous donnons, fig. XV, pl. 7, le dernier rail employé sur ce chemin de fer. Il pèse 82 lbs. par yard; sa longueur est de 15 pieds; il est supporté par deux chairs

(*) Premier Mémoire de M. Barlow.

de joint et huit chairs intermédiaires ; sa surface de roulage est bombée ; elle est terminée par trois arcs de cercle, dont celui du milieu a $0^m,083$ de rayon, et les deux autres $0^m,019$.

Les chairs de joint pèsent chacun 41 lbs., et les autres 28 lbs.

La fig. IV, pl. 11, représente l'élévation, et la fig. VIII le plan du chair intermédiaire. Le chair de joint est maintenu par trois chevilles en bois, dont deux sont placées dans l'intérieur de la voie. Le plafond des chairs est disposé de manière à donner aux rails une inclinaison de $\frac{1}{20}$. Près les joints, les chairs ont 2 pieds 6° d'écartement; les autres chairs sont distants de 3 pieds 4 pouces.

M. Dockray, ingénieur chargé de l'entretien du *London and Birmingham railway*, a proposé dernièrement aux directeurs de ce chemin, de remplacer le rail double T que nous venons de décrire, par un rail en U dont la demi-section est représentée par la fig. XXVIII, pl. 8. Ce rail pèserait 100 lbs. par yard, et serait fixé sur des longrines dont la surface supérieure aurait la même largeur que la base du rail. Ces longrines reposeraient sur des traverses espacées de 3 pieds d'axe en axe. Les traverses et les longrines seraient reliées au rail au moyen de quatre boulons placés à chaque joint de rails ; ces boulons auraient des écrous à base triangulaire et armée de crampons. Chaque rail serait, en outre, maintenu par cinq clous ou broches ; l'inclinaison de $\frac{1}{20}$ serait donnée au rail par un encastrement de la longrine dans les traverses. Les extrémités des rails seraient maintenues au moyen d'une plaque en fer, au milieu de laquelle se trouverait une saillie qui pénétrerait dans l'intérieur des rails. Nous donnons, fig. III, pl. 13, une coupe du

rail prise sur un joint, et fig. VIII, le plan de la plaque qui doit être placée sous les joints.

La fig. XII de la même planche représente le plan et l'élévation des écrous des boulons.

Voici les poids et les dimensions des principales pièces de ce nouveau système, qui diffère peu de celui adopté par M. John Macniell, pour le *Great-Southern and Western railway* (Ireland). — *Page* 306.

	lbs.		*kilogr.*
Rail, par yard	100,00	ou	49,59
Boulon près le joint, l'un	1,04	ou	0,47
Écrous, id.	1,00	ou	0,45
Clous, id.	0,80	ou	0,36
Plaques en fer forgé	6,00	ou	2,72
	mètres.		*mètres.*
Longrines, 7° 1/2 sur 3° 1/2, ou	0,19	sur	0,09
Traverses de joint, 12° sur 6°, ou	0,30	sur	0,15
Id. près les joints, 10° sur 6°, ou	0,25	sur	0,15
Id. intermédiaires, 8° sur 4°, ou	0,20	sur	0,11

LONDON AND BLACKWALL RAILWAY.

Ce chemin a été terminé le 6 juillet 1840.

La voie a 5 pieds de largeur comme celle du chemin de fer d'Eastern Counties.

Les rails sont parallèles de la forme simple T; ils sont à peu près semblables à ceux des chemins de Manchester à Leeds et de Chester à Bickenhead (*fig. III*, *pl.* 5). Leur longueur est de $5^m,56$; ils entrent juste dans les chairs où ils sont maintenus dans le sens vertical, au moyen d'un boulon incliné qui traverse l'un des côtés du chair, et dont l'extrémité en biseau va se loger dans une rainure ménagée dans le rail (*fig. III* et *VII*, *pl.* 9). Une clavette horizontale empêche ce boulon de sortir du chair. Ce système nous a paru présenter toute

la solidité désirable, et, sous tous les rapports, devoir être préféré aux chairs avec coins en fer.

Les joints sont disposés de la manière suivante : A chaque extrémité de rails, la partie en contre-bas du champignon est recourbée sur une longueur d'environ 2 pouces $\frac{1}{2}$, et la partie correspondante du champignon est entaillée de manière à former la moitié d'un trait de Jupiter. Lorsque les rails sont réunis, ils présentent la disposition indiquée par les fig. IV et VIII, pl. 9. Les chairs de joint sont, par conséquent, plus ouverts que les autres ; les rails y sont maintenus dans le sens vertical par deux boulons au lieu d'un.

L'expérience a depuis démontré que cette méthode d'assembler les rails les affaiblissait et réduisait leur longueur ; elle est maintenant abandonnée.

Près les chairs de joint, les portées sont de 2 pieds ; les autres sont de 3 pieds $\frac{1}{2}$. La pose est entièrement faite sur traverses. Les chairs y sont maintenus par des chevilles en fer légèrement coniques, et de 1 pouce de grosseur sur 6 pouces de longueur.

Dans l'origine, ce chemin était desservi par des machines fixes ; on leur a substitué depuis peu d'années des machines locomotives.

LONDON AND BRIGHTON RAILWAY.

Une partie de ce chemin a été livrée au public le 12 mai 1840.

La largeur de la voie est de 4 pieds 9 pouces. Les rails ont 15 pieds de longueur ; leur forme est celle du double T parallèle *(fig. VII, pl. 7)* ; ils pèsent 76 lbs. le yard. Les chairs de joint ont 10 pouces $\frac{1}{4}$ sur 5 pouces

$\frac{1}{2}$, et les autres ont 10 pouces $\frac{1}{4}$ sur 4 pouces $\frac{3}{4}$. Les portées sont de 3 pieds 9 pouces. La pose est faite, partie sur traverses, partie sur dés en pierres ; dans ce dernier cas, on a introduit un morceau de feutre sous les chairs.

Les coins sont en bois ; ils ont, pour les joints, 6 pouces sur 2 pouces $\frac{3}{8}$ et 1 pouce $\frac{5}{8}$, et pour les autres points de support, leur longueur est réduite à 4 pouces $\frac{3}{4}$.

Les chairs sont maintenus par des chevilles en fer, qui, pour les dés, s'enfoncent dans des morceaux de bois encastrés dans la pierre.

LONDON AND CROYDON RAILWAY.

L'ouverture de ce chemin a eu lieu le 5 juin 1839.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails ont la forme indiquée par les fig. V et XVII, pl. 8); leur longueur est de 15 pieds ; ils sont posés sur des longrines de 9 pouces de large sur 5 pouces de hauteur, maintenues par des traverses de 9 pieds de longueur sur 9 pouces de largeur et 4 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur. Les longrines sont assujetties sur les traverses par des chevilles de 9 pouces de longueur et de $\frac{1}{2}$ pouce de grosseur. Tous ces bois sont kyanisés ; une grande partie est en outre goudronnée. Entre les rails et les longrines, on a placé un morceau de feutre. Les rails sont maintenus par des vis de $\frac{1}{2}$ pouce de diamètre et de 4 pouces de longueur ; leur tête a 1 pouce de diamètre et demi-pouce d'épaisseur ; elles sont placées deux à deux, à la distance d'environ 19 pouces, et à angle droit sur la base du rail.

A chaque joint, se trouvent quatre vis; il y a vingt vis par longueur de 15 pieds de rails.

LONDON AND GREENWICH RAILWAY.

Ce chemin fut livré au public en décembre 1838; la largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$.

On a successivement employé sur ce chemin trois espèces de rails : le simple T parallèle, le rail américain, et le double T parallèle.

Le premier pesait 50 lbs. par yard (*fig. XIII, pl.* 5); il était maintenu dans les chairs par des coins en fer, et reposait, partie sur des traverses, partie sur des dés en pierre. Ces derniers ont été remplacés par des traverses.

Les rails de forme américaine sont placés entre Deptford et Greenwich; ils sont semblables à ceux de Croydon (*fig. XVII, pl,* 8), et sont fixés sur des longrines de 30 pieds de longueur sur 10 pouces de largeur et 5 pouces d'épaisseur, et maintenus par des tringles transversales. Les rails reposent sur une planche de frêne recouverte d'un morceau de feutre.

Les rails double T parallèles, placés sur environ un quart de mille près de Deptford, ont 16 pieds de longueur; ils pèsent 78 lbs. le yard; leurs portées sont de 4 pieds. Ils sont maintenus dans les chairs au moyen de coins en bois comprimé, de 9 pouces de longueur sur 2 pouces carrés. Les chairs de joint ont 10 pouces $\frac{3}{4}$ de longueur sur 5 pouces de largeur, et pèsent 27 lbs.; les autres ont 10 pouces de longueur sur 5 pouces; leur poids est de 24 lbs. Ils sont posés sur des traverses en sapin d'Ecosse kyanisé, de 9 pieds de longueur sur 10 pouces de largeur et 5 pouces d'épaisseur. Ces traverses sont demi-rondes.

LONDON AND SOUTH WESTERN RAILWAY.

La circulation a commencé sur toute la ligne, le 11 mai 1840.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Les rails actuels ont la forme double T parallèle (*fig. VI, pl.* 7); ils pèsent 75 lbs. Les coins sont en bois comprimé, ayant pour les joints 6 pouces de longueur sur 2 pouces $\frac{3}{8}$ et 2 pouces; les autres ont 4 pouces de longueur sur 2 pouces $\frac{7}{8}$ et 1 pouce $\frac{3}{8}$.

Les chairs sont posés sur des traverses ayant 9 pieds de longueur, 10 pouces de largeur et 4 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur. Un grand nombre de ces traverses sont en hêtre; toutes sont kyanisées.

L'ancien rail avait la forme américaine (*fig. XXIV, pl.* 7); il a éte abandonné. Il était maintenu dans les chairs par deux clavettes en fer rond (*fig. IX, pl.* 12).

MANCHESTER AND BIRMINGHAM RAILWAY.

Ce chemin a été ouvert au public le 4 juin 1840, sur la partie comprise entre Manchester et Stockport.

La largeur de la voie est de 4 pieds 9 pouces.

Les rails ont 15 pieds de longueur; leur forme est celle du simple T parallèle (*fig. VIII, pl.* 5); ils pèsent 65 lbs. par yard; leur hauteur est de 5 pouces; la largeur de la partie supérieure est de 2 pouces $\frac{3}{4}$ sur une hauteur de 1 pouce $\frac{1}{4}$. La tige a 1 pouce d'épaisseur; la pose est faite partie sur dés, partie sur traverses.

MANCHESTER AND BOLTON RAILWAY.

Ce chemin a été terminé le 29 mai 1838.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$.

Les rails ont la forme américaine *(fig. I, pl.* 8); ils pèsent 55 lbs. par yard, et sont fixés au moyen de piédestaux en fonte, de 14 pouces de longueur sur 6 pouces de largeur et 1 pouce $\frac{1}{4}$ d'épaisseur.

Sur une partie de la ligne, ces piédestaux ou chairs, reposent sur des pierres continues; sur d'autres points, les chairs sont supprimés, et les rails sont fixés sur des longrines en sapin kyanisé, ayant de 11 à 12 pouces de largeur sur 7 à 8 pouces d'épaisseur. Ces longrines sont maintenues par des traverses espacées de 4 pieds, dont les dimensions sont de 9 à 10 pouces sur 4 pouces. Les crosses destinées à fixer le rail sur les longrines sont espacées de 3 pieds. Chaque chair est percé de 6 trous de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre, dans lesquels passent des boulons qui sont encastrés dans les pierres.

MANCHESTER AND LEEDS RAILWAY.

Ce chemin a été livré au publio le 12 octobre 1840.

La voie a 4 pieds 9 pouces de largeur.

Les rails ont la forme de simple T parallèle *(fig. VI, pl.* 5); c'est, à très peu de chose près, la même forme qu'au chemin de Blackwall; ils ont 15 pieds de longueur; les portées sont de 3 pieds. Les joints sont faits comme ceux du chemin de Blackwall.

Les chairs ont 10 pouces sur 5 pouces, et les rails y sont maintenus au moyen d'une balle et d'un coin en fer, de 8 pouces de longueur sur une largeur de $\frac{5}{8}$ de pouce

à une extrémité, et $\frac{3}{8}$ à l'autre; les balles sont en fonte; elles ont $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre (*fig. IX* et *XIII*, *pl.* 9).

La pose est faite, en général, sur des dés provenant des tranchées; ils sont posés en diagonale, et cubent chacun 4 pieds. Les traverses employées sur les remblais sont en mélèze kyanisé; elles ont 9 pieds de longueur sur 11 pouces de largeur et 5 pouces de hauteur.

En 1840, nous avons examiné avec soin l'assemblage du chair, au moment du passage des convois, et nous avons reconnu que le rail y était parfaitement maintenu, mais il nous a paru d'un entretien difficile. En outre, son prix de revient doit être plus élevé que pour les chairs employés sur les autres chemins.

Depuis peu de temps, on remplace le rail simple T par un rail double T pesant 40 kilog. par mètre; sa hauteur est de $0^m,134$, et l'épaisseur de sa tige est de $0^m,02$. Ses champignons sont de force inégale (*fig. I, pl.* 7).

MIDLAND COUNTIES RAILWAY.

L'ouverture de ce chemin a eu lieu entre Derby et Nottingham le 4 juin 1839.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur.

Les rails ont la forme du double T parallèle; leur longueur est de 15 pieds, et leur poids de 78 lbs. par yard (*fig. X*; *pl.* 7). La longueur des portées est de 5 pieds. Les chairs de joint pèsent 28 lbs. et les autres 23 $\frac{1}{2}$ chaque. Les coins des joints ont 6 pouces de longueur sur 4 pouces $\frac{1}{2}$ et 1 pouce $\frac{3}{4}$; les autres ont 4 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur sur 4 pouces $\frac{1}{2}$ et 1 pouce $\frac{3}{4}$. Ils sont en chêne comprimé. Les traverses sont employées sur les rem-

blais et dans quelques unes des tranchées; elles ont 9 pieds de longueur sur 10 pouces de largeur et 5 pouces de hauteur; les unes sont en chêne, et les autres en mélèze kyanisé. Les dés en pierre cubent 5 pieds, et sont placés diagonalement. Les chevilles pour assujettir les chairs aux dés et aux traverses, ont 5 pouces $\frac{3}{8}$ de longueur et pèsent chacune $\frac{3}{4}$ lbs.

.Une partie de la ligne, vers la jonction de Rugby, est posée en rails en U renversé, autrement dits *rails Evans* (fig. XVIII, pl. 8). Ils pèsent 57 lbs. le yard, et reposent sur des longrines kyanisées, de 14 pouces de largeur sur 7 pouces de hauteur, maintenues par des traverses de sapin également kyanisées. Ces traverses ont 9 pieds de longueur sur 9 pouces de largeur, et 4 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur. Les rails sont fixés par des vis de $\frac{5}{8}$ de pouce de diamètre, et de 5 pouces de longueur; il y en a seize par rail de 15 pieds de longueur.

A l'exposition de Londres, figurait un nouveau système de rail dont nous donnons la coupe *(fig. XVI, pl. 14)*. Ce rail, proposé par M. William Barlow, ingénieur du chemin de fer de Midland, repose directement sur le ballast; il n'a, par conséquent, ni longrines, ni coussinets, ni traverses. Son poids par mètre courant, est de 40 à 45 kilog. pour les embranchements, et de 50 à 55 pour les grandes lignes. Les rails ont de $5^m,50$ à $6^m,70$, et sont réunis bout à bout par une selle en fer laminé, dont la surface extérieure a exactement la même forme que la surface intérieure du rail. Cette pièce de jonction est fixée par quatre rivets sur chaque bout du rail. Deux de ces rivets traversent une entretoise en fer d'angle, qui sert à maintenir l'écartement de la voie.

Suivant M. Barlow, ce système de rails procure une

économie de 10 à 12 pour cent sur le système de voie avec rails double T.

MIDLAND GREAT WESTERN RAILWAY (IRELAND).

M. Hemans, ingénieur du *Midland Great-Western* railway, a donné aux rails de ce chemin la section représentée par la fig. VI, pl. 13. Ce rail pèse 76 lbs. par yard; sa longueur est de 15 pieds. Il est fixé sur des longrines par des vis à bois qui, près des joints, sont remplacées par des boulons dont les écrous sont triangulaires et à crampons. Ces écrous, représentés en plan et en élévation par la fig. XII, pl. 13, ont l'avantage de permettre l'enlèvement du boulon sans que l'écrou soit déplacé.

Les boulons près les joints sont au nombre de quatre.

Les extrémités des rails reposent sur une plaque en fer, dont la moitié est représentée par la fig. XI, pl. 13. Elle est percée de quatre trous ayant 1 pouce $\frac{3}{8}$ sur 1 pouce $\frac{1}{4}$, et correspondant à des trous ménagés dans la base du rail. Ces trous sont plus longs que larges, afin de ne pas s'opposer aux effets de la dilatation.

Les longrines ont 1 pied sur 6 pouces de grosseur; elles sont supportées par des traverses espacées de 7 pieds, et dont la grosseur est de 9° sur 4° $\frac{1}{2}$.

Les vis à bois, ainsi que les boulons, ont $\frac{3}{8}$ de pouce de diamètre. La longueur des vis, y compris la tête, est de 6°.

D'après M. Dockray, le mille courant de simple voie de ce chemin était évalué en 1848 à 2,162 L. 11 s. 2, non compris la pose.

La largeur de la voie est de 5 pieds 3° entre les rails.

NEWCASTLE AND CARLISLE RAILWAY.

Le 9 mars 1835, une partie de ce chemin fut livrée à la circulation publique, qui n'eut lieu sur tout le parcours qu'en octobre 1839.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$.

Dans l'origine, les rails pesaient 42 lbs.; ils étaient ondulés et avaient 15 pieds de longueur; les joints étaient à recouvrement. Ces rails avaient 4 pouces $\frac{1}{2}$ de hauteur au milieu, et 3 pouces $\frac{1}{2}$ aux extrémités. Les rails employés maintenant ont la forme simple T parallèle *(fig. XV et XVI, pl. 5)*; leur poids varie de 47 à 50 lbs. par yard. Ils ont 12 et 15 pieds de longueur; les portées sont de 3 pieds. Ils sont maintenus dans les chairs au moyen de deux coins en fer de 6 pouces $\frac{3}{4}$ de longueur sur $\frac{7}{8}$ de pouce de largeur, et une hauteur de $\frac{1}{2}$ pouce à une extrémité et $\frac{1}{4}$ de pouce à l'autre. Les chairs de joint pèsent 20 lbs.; les autres ont 9 pouces $\frac{1}{4}$ sur 4 pouces $\frac{3}{4}$; leur hauteur est de 4 pouces $\frac{1}{2}$; leur poids est de 16 lbs. Les chairs sont fixés sur les dés et sur les traverses par des chevilles en bois de 1 pouce $\frac{3}{8}$ de diamètre.

Le chemin traversant une contrée où la pierre de taille est en très grande abondance, la pose a été faite en général sur des dés en pierre qui ont 2 pieds carrés sur 9 pouces d'épaisseur; les traverses ont 8 pieds de longueur sur 9 pouces et 4 pouces.

NEWCASTLE AND NORTH SHIELDS RAILWAY.

Les travaux de ce chemin ont été terminés en avril 1840.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$.

Les rails ont la forme indiquée par la fig. IV, pl. 8; leur poids est de 54 lbs. par yard; ils sont posés sur des longrines en sapin de Dantzick, et maintenus par des boulons de $\frac{9}{16}$ de pouce de diamètre et de 6 pouces de longueur. En général, il y a onze boulons sur une longueur de 15 pieds de rails. Dans quelques parties, il y en a treize sur la même longueur. Les longrines ont de 20 à 50 pieds de longueur sur 12 pouces de largeur, et 6 pouces de hauteur. Les joints sont assemblés à mi-bois, et maintenus par des boulons. Ces longrines reposent sur des traverses ayant 12 pouces de largeur, 6 pouces d'épaisseur et 6 pieds de longueur. Des traverses en vieux chêne, de 5 pouces sur 3 pouces, et espacées de 8 pieds de milieu en milieu, sont entaillées à queue d'aronde dans les longrines, et servent à maintenir leur écartement. Tous les bois ont été kyanisés.

NORTH AND EASTERN RAILWAY.

L'ouverture de ce chemin a eu lieu le 15 septembre 1840 jusqu'à Broxbourne.

La largeur de la voie est de 5 pieds (*).

(*) Suivant M. Perdonnet (*Portefeuille de l'Ingénieur*, page 441), on a dépensé une somme considérable pour ramener l'écartement des rails à 1m,48.

Le rail a la forme double T parallèle (*fig. IX*, *pl.* 7); sa longueur est de 15 pieds; la base et la tête ne présentent pas la même section. La longueur des portées est plus petite près les joints, que pour les autres points. En général, elle est de 2 pieds 1 pouce $\frac{1}{2}$, et de 3 pieds 10 pouces $\frac{1}{2}$.

Ce sytème a été également employé sur le chemin de North Midland. Les chairs de joint ont 10 pouces de longueur sur 5 pouces de largeur; les autres ont 10 pouces sur 3 pouces. Les coins sont en sapin comprimé; ils ont 12 pouces sur 2 pouces et 1 pouce $\frac{1}{4}$. La pose est faite sur traverses de mélèze, ayant 9 pieds de longueur sur 10 pouces et 5 pouces.

NORTH MIDLAND RAILWAY.

La circulation a été établie jusqu'à Leeds en 1840.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{3}{4}$ dans les parties où les rails reposent sur des traverses, et 4 pieds 9 pouces dans celles où ils sont posés sur des dés en pierre.

Il y a deux espèces de rails : les uns, semblables à ceux de Blackwall et de Manchester à Leeds, sont de simples T parallèles, et pèsent 56 lbs. par yard; ils sont maintenus au moyen d'une balle en fonte et d'un coin en fer. Les autres rails ont la forme d'un double T parallèle (*fig. XIV*, *pl.* 6), et pèsent 65 lbs. par yard. Les coins sont en bois comprimé de 9 pouces de longueur sur 3 pouces et 2 pouces $\frac{1}{2}$. Les dés en pierre ont 2 pieds 2 pouces en carré, sur 1 pied d'épaisseur; ceux des joints sont placés parallèlement à la voie; les autres sont mis diagonalement. Les chairs sont posés avec une inclinaison

latérale d'environ $\frac{1}{2}$ pouce ; il n'y a point de feutre entre eux et les dés.

Le nombre des supports est de six par rail de 15 pieds de longueur. Près des joints, les supports sont écartés de 2 pieds 9 pouces ; les autres portées sont de 3 pieds 2 pouces. Les traverses sont en mélèze et sapin d'Ecosse kyanisés ; elles ont 9 pieds de longueur sur 10 pouces et 5 pouces. Le kyanisage a coûté un schelling par traverse. Les chairs sont fixés par des chevilles en fer de $\frac{7}{8}$ de pouce de diamètre, et 6 pouces $\frac{5}{8}$ de longueur. Avant d'enfoncer ces chevilles, on entoure la partie supérieure avec du bitord.

NORTH-UNION RAILWAY.

Ce chemin a été livré au public le 31 octobre 1838.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$.

Les rails ont la forme du double T parallèle (*fig. XIII, pl.* 6) ; ils pèsent 62 lbs. par yard. Les coins sont en chêne non comprimé ; ils ont 7 pouces de longueur sur 3 pouces et 2 pouces ; pour les joints, leur longueur est portée à 9 pouces. Les chairs de joint pèsent 21 lbs., et les autres 20 lbs. chaque.

Les traverses employées sur les remblais, ont 9 pieds de longueur sur 10 pouces de largeur et 5 pouces ; elles sont en mélèze. Les dés placés dans les tranchées et dans les parties où les rails sont peu élevés au-dessus du sol naturel, sont en granit ; ils ont 2 pieds 3 pouces carrés sur 1 pouce d'épaisseur. Entre le chair et le dé, se trouve un morceau de feutre ayant 10 pouces sur 5 pouces, et qui a coûté $\frac{1}{2}$ d.

Les portées des rails sont de 3 pieds 9 pouces, et de 4 pieds.

Sur l'embranchement de New-Springs, les rails ont la forme de simple T parallèle; ils pèsent 45 lbs. le yard et ont 15 pieds de longueur. Les portées sont de 3 pieds. Les traverses sont les mêmes que pour la ligne principale; les dés ont 4 pieds carrés sur 1 pied.

PAISLEY AND RENFREW RAILWAY.

La circulation a commencé sur ce chemin le 3 avril 1837.

La voie a 4 pieds 6 pouces. Des rails très légers sont employés sur cette ligne; ils reposent sur des dés en pierre espacés de 3 pieds.

SHEFFIELD AND ROTHERHAM RAILWAY.

Ce chemin fut ouvert au public le 1er novembre 1838.

Les rails sont ondulés (*fig. II, pl. 5*); ils pèsent de 50 à 52 lbs. le yard; la partie supérieure a 2 pouces $\frac{1}{4}$ de large; la plus grande hauteur est 4 pouces $\frac{5}{8}$, et la plus petite 3 pouces $\frac{3}{8}$. La tige a $\frac{3}{4}$ de pouce d'épaisseur; ils sont légèrement inclinés vers l'horizon.

La pose est faite, partie sur dés en pierre cubant 4 pieds cubes, partie sur traverses en mélèze kyanisé de 9 pieds de longueur sur 9 pouces et 4 pouces $\frac{3}{4}$. Les dés pour les joints cubent en général 5 pieds.

SLAMANNAN RAILWAY.

Le public fut admis sur ce chemin dans le courant de 1840.

La voie a 4 pieds 6 pouces de largeur.

Les rails ont la forme de simple T parallèle (*fig. XXVII, pl. 5*); ils pèsent 50 lbs. par yard. Les portées sont de 3 pieds. Les chairs sont faits de manière que leur ouverture correspond exactement à la section du rail. Il n'y a, par conséquent, pas de coins. Les dés ont de 20 pouces à 2 pieds carrés sur 10 à 12 pouces de hauteur. On a également employé des traverses; nous ignorons leurs dimensions. Les chairs pèsent 17 lbs. chacun, et sont maintenus par des chevilles en fer de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre sur 6 pouces de long. Entre le chair et le dé, est placée une plaque de feutre de 10 pouces sur 6, dont le prix a été de 70 s. les mille pièces.

Sur une longueur d'un mille et demi, les rails sont entièrement posés sur des longrines de sapin rouge, de 10 pouces de largeur sur 4 pouces d'épaisseur, et qui reposent sur des traverses de mélèze ou de sapin d'Ecosse, ayant 9 pieds de longueur sur 12 pouces de largeur et 6 pouces de hauteur. Ces traverses sont espacées de 3 pieds. Les longrines sont maintenues par des boulons, qui, passant dans les chairs, vont prendre les traverses. Ces bois ne sont pas kyanisés.

SOUTH EASTERN RAILWAY.

Ce railway était loin d'être achevé lors de notre voyage en Angleterre en 1840; nous pensons qu'il a été livré à la circulation en 1842.

La voie a 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. Le rail a la forme du double T parallèle (*fig. II, pl. 12*); il pèse 73 lbs. le yard.

On a fait usage, sur ce chemin, d'un nouveau sytème

de chair (*fig. II* et *VI*, *pl.* 12); il présente sur ceux des autres chemins de fer, les différences suivantes :

1° Les nervures ou contreforts, au lieu d'être au nombre de quatre, et d'être placées à chacune des extrémités des joues, sont réduites à deux, et viennent aboutir au centre de chaque joue. Selon M. Cubitt, l'habile ingénieur de ce chemin, il résulterait de cette disposition une diminution dans le poids du chair, tout en conservant aux joues la force nécessaire pour résister, soit à la pression du coin, soit au choc que reçoit le rail. La diminution de poids est sans doute évidente, mais il ne nous paraît pas en être de même pour la conservation de la force des joues, surtout lorsque le chair est placé à la jonction de deux rails.

2° Les trous destinés à recevoir les chevilles sont disposés de manière à ne pas se trouver sur une même ligne perpendiculaire au rail, comme cela a lieu dans les chairs employés sur les autres chemins. On évite ainsi de fendre les traverses, au moment où l'on enfonce les chevilles.

3° Ces chairs sont fabriqués au moyen d'un noyau et d'un moule métallique. On obtient ainsi des chairs dont les dimensions sont toujours exactes, et dont la fonte ne présente aucune aspérité, conditions essentielles pour que le rail repose bien dans le chair.

Pour maintenir les chairs, M. Cubitt a fait usage de chevilles en bois ainsi préparées. On taille les chevilles suivant le fil du bois, dans des morceaux de cœur de chêne, en les dégrossissant au tour, aux dimensions de diamètre et de longueur nécessaires ; puis on les force dans un moule à ouverture conique, dont les dimensions intérieures sont celles que doit avoir définitivement cha-

que cheville. Quand le bois est dans le moule, on le soumet pendant une demi-heure à l'action de la vapeur, à une température suffisante pour opérer une espèce de fusion de la résine et de la sève contenues dans le bois; ensuite, on laisse refroidir, et le bois, ainsi préparé, a acquis une compression presque permanente qui l'a réduit à 63 pour cent de son volume primitif, et a augmenté sa force transversale de près de 50 pour cent. Le moule est fait de manière à donner à la cheville trois diamètres différents ; ainsi, dans la partie supérieure qui forme la tête de la cheville, le diamètre est plus grand que partout ailleurs.

Les rails sont placés sur des traverses en sapin du Nord, et obtenues par le moyen de deux coups de scie faits en diagonale, dans des madriers de $0^m,30$ à $0^m,35$ carrés. La section de ces traverses est, par conséquent, un triangle. Elles sont placées avec l'angle en bas.

Suivant M. Cubitt, ces traverses présentent autant de base ou d'assiette que des traverses de forme rectangulaire qui contiendraient deux fois autant de bois. En outre, le ballast peut être refoulé avec beaucoup plus de précision.

Les divers renseignements que nous venons de donner sur le chemin de Douvres, sont en grande partie extraits d'un article publié par M. Manby, dans le *Journal des Chemins de fer*.

Pour le renouvellement des voies anciennes, et pour la construction des voies nouvelles sur les embranchements, M. P. Barlow, ingénieur en chef du chemin de fer de South-Eastern, a substitué aux traverses en bois et aux coussinets jusqu'alors employés, le système de supports en fonte représenté par les fig. 1, pl. 15. Ce système

se compose de deux pièces réunies par des boulons, et portant vers chaque extrémité, deux oreilles qui embrassent le rail, ainsi que le représente la coupe transversale.

Ces supports ont $1^m,30$ de longueur. Pour les joints, chaque support est garni de doubles oreilles à chaque extrémité et au milieu, comme l'indique l'élévation, fig. I, pl. 15. Ces supports ont $0^m,99$ de longueur; ils sont réunis d'un côté à l'autre de la voie par des entretoises en fer d'angle, rivées sur le bord intérieur du plateau formant la base de chaque support. Pour un rail de $4^m,57$, M. P. Barlow met deux supports intermédiaires.

En mars 1851, on comptait sur le South-Eastern 98 kilomètres de simple voie posés avec ce système. M. P. Barlow établit ainsi qu'il suit le prix comparatif du kilomètre d'une double voie posée, soit avec son système, soit avec cinq traverses ordinaires par rail de $4^m,57$.

VOIE SUR TRAVERSES ORDINAIRES.

Rail : 160 tonnes 30, à 133 fr. 75 c.	21,441 f.	60 c.
Traverses créosotées : 2,186, à 5 fr.	10,935	95
Coussinets : 56 tonnes, à 106 fr. 25 c.	5,941	75
Chevillettes : 9,624, à fr. 0,156.	1,438	65
Coins : 4376, à fr. 0,156	683	50
Balast : 4,751 mètres cubes, à fr. 2,452	11,650	50
Total.	52,091	95

VOIE AVEC SUPPORTS EN FONTE.

Rails : 136 tonnes 73, à 133 fr. 75 c.	18,285 f.	30 c.
Supports en fonte : 174 tonnes 02, à 109 fr. 375.	19,033	45
Boulons et écrous : 5 tonnes 59, à 425 fr.	2,375	75
Entretoises : 2 tonnes 50, à 200 fr.	500	»
Balast : 2,858 mètres cubes, à fr. 2,452	6,990	30
Total.	47,183 f.	» c.

Ainsi, d'après M. Barlow, l'économie serait de 4,908 fr. 95 c., soit environ 10 pour cent.

STANHOPE AND TYNE RAILWAY.

Ce chemin a été livré au public vers l'année 1833.

Le premier rail était ondulé ; nous en donnons la coupe fig. XXI, pl. 5. Il pesait 40 lbs. par yard, et était maintenu par des chairs avec coins en fer. On devait, en 1841, le remplacer par un rail double T, du poids de 60 lbs.

STOCKTON AND DARLINGTON RAILWAY.

Ce chemin fut ouvert le 1er août 1830.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$. On a employé sur ce chemin six espèces différentes de rails.

Les premiers pesaient seulement 28 lbs. le yard ; ils étaient ondulés ; ils ont été remplacés par des rails de 32 livres, puis de 40 livres, auxquels ont succédé, en 1837, des rails de 50 lbs., ayant la forme de simple T parallèle.

On a remplacé ces derniers par des rails *(fig. XX, pl. 5)* dont le poids était de 60 lbs. Ces rails étaient maintenus par des chairs semblables à ceux du *Great North of England railway*. Les chairs étaient fixés par des chevilles en chêne entrant, soit dans des dés en pierre, soit dans des traverses, soit dans des dés en bois d'orme, de 2 pieds sur 1 pied 3 pouces et 6 pouces d'épaisseur. Dans ce dernier cas, les chairs de joint étaient fixés sur des traverses.

Le rail simple T a été remplacé, en 1839, par un rail

double T, dont la section verticale fut d'abord celle indiquée par la fig. XII, pl. 7, puis celle représentée par la fig. XIII, même planche. Dans cette dernière section, la surface de roulage est bombée, et le champignon présente beaucoup plus de résistance. Le poids de ces rails est de 73 lbs. par yard. La fig. I, pl. 12, est une élévation, et la fig. V, la moitié du plan du chair employé pour le dernier rail. Le coin y est maintenu, dans le sens vertical, par une saillie terminant l'une des joues du chair. Comme au chemin de *Great North of England*, le chair est fixé sur les supports par quatre chevilles en bois. Les coins ont 8 pouces de longueur sur 3 $\frac{1}{2}$ et 3.

STOCKTON AND HARTLEPOOL RAILWAY.

L'ouverture de ce chemin eut lieu en 1840.

La largeur de la voie est de 4 pieds 8 pouces $\frac{1}{2}$.

Les rails ont la forme du double T parallèle; ils ont 15 pieds de longueur et pèsent environ 60 lbs. par yard *(fig. XII, pl.* 6). Les portées sont de 3 pieds ; les coins sont en chêne comprimé.

Les chairs intermédiaires pèsent 18,30 lbs. chaque, et ceux de joint 24,60 lbs.; ils sont fixés sur des dés en pierre, ayant 2 pieds carrés et 1 pied d'épaisseur; ceux de joint ont 3 pieds de longueur sur 2 pieds de largeur. L'écartement de la voie est maintenu au moyen de tringles en fer placées aux chairs de joint. Les traverses sont en chêne et en mélèze; elles ont 8 pieds de longueur et sont demi-circulaires; leur diamètre est au minimum 10 pouces, non compris l'écorce; quelques unes sont rectangulaires; elles ont 8 pouces sur 4 pouces au minimum.

pendant de la ligne entre Gand et Anvers, dont la voie n'a que 1^m,125. L'entrevoie a 2^m,00, excepté sur le chemin de fer de Mons à Bruxelles, où elle a été portée à 2^m,50.

Forme et poids des rails et chairs.

Le premier rail était ondulé; il pesait 17 kilog. et le chair 7 kilog. Le nombre des portées était de cinq et leur longueur 0^m,91. Le deuxième rail était également ondulé; son poids était de 22 kilog. Les chairs intermédiaires pesaient 9 kilog. et ceux de joint 10 kilog. Le dernier rail employé au commencement de 1841, a la forme du simple T parallèle. Nous en donnons une coupe, fig. IX, pl. 5. Ce rail pèse 27 kilog.; il est maintenu dans les chairs, au moyen d'une clavette en fer, sytème, du reste, employé pour les rails précédents. Nous donnons, fig. X et XIV, pl. 9, un plan et une coupe d'un chair intermédiaire, et fig. XI et XV, même planche, une coupe et un plan d'un chair de joint. Le poids des chairs intermédiaires est de 9 kilog., et celui des chairs de joint est de 11 kilog.

Dans le courant de 1851, on a remplacé 850,000 mètres de rails. On a porté à 34 kilog. le poids du mètre courant des nouveaux rails qui sont tous à deux champignons.

Traverses.

Dans l'origine on a employé, pour les traverses, du hêtre, du sapin, du saule et du bouleau. On a remarqué que, dans les terrains humides, les traverses en hêtre se conservaient très bien. Il n'en était pas de même lorsqu'elles se trouvaient posées dans le sable; leur décomposition était alors assez rapide. En général, les traverses proviennent de rondins refendus; leurs dimensions en grosseur varient beaucoup. Quant à la longueur, elle est maintenant fixée à 2^m,70.

§ IV. — CHEMINS DE FER DES ÉTATS-UNIS.

Quantité de chemins de fer construits aux États-Unis.

Le premier chemin de fer américain a été livré au public le 28 décembre 1829, sur 13 milles de long (20 kilomètres 917).

En 1845, le nombre des chemins de fer était de 189, dont trois n'étaient exploités que partiellement, et 7 avaient été abandonnés avant d'être terminés.

En 1851, on comptait en Amérique 335 compagnies, ayant en exploitation 10,287 milles (16,552 kilom.) de railways, et en cours d'exécution 10,092 milles (16,238 kilomètres), soit en totalité 20,379 milles ou 32,790 kilomètres.

Parmi les 189 chemins de fer existant en 1845 aux Etats-Unis, 21 étaient entièrement à double voie; 10 étaient en partie seulement à double voie, et tous les autres étaient à une seule voie.

Largeur de la voie.

La largeur de la voie est, en général, comme celle adoptée en France, $1^m,44$ mesurée entre les faces intérieures des rails.

Chemins avec rails en bois.

Plusieurs de ces chemins ont des rails en bois; ces rails sont composés d'une longrine recouverte d'une bande de fer ayant, en général, $0^m,063$ de largeur sur $0^m,013$ d'épaisseur. Les longrines sont en pin; elles ont environ $0^m,15$ sur $0^m,20$, et sont fixées au moyen d'une entaille et d'un coin dans des traverses qui reposent sur des pièces de bois de faibles dimensions. Ces dernières pièces placées à l'aplomb du rail, sont mises sur une couche de gravier ou de pierres concassées.

Sur quelques chemins, le rail en bois repose sur des dés en pierre assis sur une fondation en pierres menues;

dans ce cas, les deux longrines sont reliées par des traverses dont la distance varie avec la longueur des longrines.

Le chemin de l'Hudson au Mohank a été construit d'après ce dernier système. Ce chemin, terminé en 1833, a 26 kilomètres de longueur.

Dimensions des rails en bois.

Voici les dimensions des diverses parties de la voie:

Bandes de fer du rail	$0^m,063$ sur $0^m,013$
Longrines en pin .	$0^m,15$ sur $0^m,15$
Dés en pierre . . .	$0^m,056$ (cubes), espacés de $0^m,91$ de centre en centre.
Traverses, longueur	$2^m,44$ sur $0^m,18$ de côté.

Les convois sont remorqués sur ce chemin par des locomotives marchant à la vitesse de 24 kilom. à l'heure.

Nature du bois employé aux traverses.

Sur plusieurs chemins, on a employé pour les traverses, du genévrier, et surtout de l'acacia, comme présentant beaucoup plus de durée que le chêne.

Sur le chemin de fer de Harper's Ferry à Winchester, dont la longueur est de 51 kilomètres, et qui fut livré à la circulation le 31 mars 1836, la voie consiste en traverses en chêne placées à $1^m,52$ d'axe en axe, et ayant $2^m,44$ de long et $0^m,25$ de diamètre; sur ces traverses, sont fixées, au moyen d'une entaille et d'un coin en bois, les longrines recouvertes d'une bande de fer mince; ces longrines ont $0^m,13$ de largeur sur $0^m,23$ de hauteur.

Les traverses reposent sur de la pierre menue, dont on emplit un petit fossé pratiqué sous chacune d'elles, et qui a $0^m,30$ de largeur sur $0^m,20$ à $0^m,25$ de profondeur.

Chemins avec rails en fer.

Sur les chemins où les rails en fer ont été employés, on a, en général, adopté la forme de rails dite *américaine*.

Tel est celui indiqué par la fig. XXVI, pl. 7, et qui a été posé sur le chemin de Frenchtown à Newcastle.

La fig. IV, pl. 4, représente également l'élévation et la coupe d'un rail américain employé à la Nouvelle-Orléans.

Sur d'autres chemins, on a préféré la forme en U renversé; tel est celui de Wellington à Susquehannah.

Les rails simple T ont été également essayés; nous donnons, fig. XXII, pl. 5, la coupe verticale de l'un d'eux.

Nous terminerons cette notice par l'extrait suivant de l'ouvrage de M. Michel Chevalier, sur les *Voies de communication aux Etats-Unis*.

CHEMIN DE FER DE MOUNT CARBON A PHILADELPHIE.

La superstructure de ce chemin a été particulièrement soignée.

Les traverses sont en bois de chêne blanc, ou *white oak (quercus alba)*, longues de $2^m,13$, aplanies en dessus et en dessous, de manière à présenter une surface large de $0^m,203$ et une épaisseur de $0^m,178$; elles sont espacées de $0^m,96$ de centre à centre, et reposent sur des massifs de pierrailles disposés dans de petites fosses de $2^m,75$ de long sur $0^m,305$ de large et $0^m,456$ de profondeur. La pierraille est battue à la demoiselle, dans les fosses; on l'y met en trois couches successives : la première couche, celle du fond, est formée de pierres passant dans un anneau de $0^m,076$ de diamètre; l'anneau régulateur pour les deux autres couches n'a qu'un diamètre de $0^m,051$.

Le rail est à base épatée, pesant 25 kilog. 80 déc.

par mètre courant. Tel est, du moins, le poids auquel on s'est définitivement arrêté entre Reading et Mount Carbon.

Sur le tronçon de Reading à Philadelphie, qui a été construit le premier, le poids du rail n'est que de 22 kilog. 38 déc. Il repose à nu sur les traverses, dans une entaille rabotée, de $0^m,0064$ de profondeur. La longueur de l'appui, ainsi offert par chaque traverse, est égale à la largeur de la traverse, c'est-à-dire de $0^m,203$.

Les barres des rails ont $5^m,72$ de long. A leurs extrémités, elles portent sur un coussinet d'une forme particulière, qu'en Amérique on regarde comme supérieur à tout ce qui a été imaginé en ce genre, dans l'Ancien comme dans le Nouveau-Monde (*).

On sait que les coussinets ordinairement usités en Europe, ont deux joues entre lesquelles se place le rail qu'on y affermit au moyen d'un coin en bois. Ici, l'une des joues, celle qui regarde l'intérieur de la voie, est supprimée; par conséquent, le coin en bois disparait aussi, et le rail est maintenu contre la joue extérieure, la seule qui subsiste, par deux boulons du poids de 155 grammes, qui le traversent et passent au travers de la joue pareillement. Pour le passage des boulons, la joue du coussinet et le montant du rail sont percés de deux trous. Dans le coussinet, ces trous se réduisent finalement à un carré de $0^m,0165$ de côté; dans le rail, ils sont allongés, ayant $0^m,0175$ de hauteur et $0^m,0222$ de longueur, afin que le jeu de la dilatation ne soit pas gêné.

L'espace laissé entre deux barres successives est de

(*) Voir pl. 13, fig. IV, V et IX.

$0^m,0064$. La fig. V, pl. 13, montre la disposition des trous respectifs du rail et du coussinet, l'un par rapport à l'autre ; le poids du coussinet est de 4 kilog. 76 déc.

Le coussinet se fixe sur la traverse au moyen de quatre chevilles en fer à tête rabattue, longues de $0^m,152$, pesant environ 340 grammes chacune. Deux des chevilles se placent aux angles rentrants ménagés en *a* (fig. IX), dans la base du coussinet. Les deux autres, celles de l'intérieur, s'appuient sur la base du rail lui-même, en *d*, par leurs têtes.

Les traverses qu'il a fallu faire venir d'une assez grande distance, ont coûté moyennement 25 fr. 93 c. Le fer, tiré d'Angleterre, est revenu à 314 fr. 96 c. par tonne. La pierraille a été payée sur le pied de 8 fr. 29 c. le mètre cube. La pose de la voie, comprenant le creusement des fosses pour la pierraille, le chargement et le battage de cette même pierre, les entailles de traverses, leur mise en place ainsi que celle des rails, avait été adjugée à raison de 2 fr. 13 c. par traverse. Mais, avec divers accessoires, et notamment en raison de ce qu'il fallait couper les barres des rails, de sorte que la fin d'une barre correspondit exactement au milieu de la barre placée de l'autre côté, les entrepreneurs ont reçu 2 fr. 67 c., soit par mètre 2 fr. 78. En somme, la voie coûte, pour pose et pour matériaux, abstraction faite du fer, 8 fr. par traverse, ou 8 fr. 33 c. par mètre.

Quant au fer et à la fonte, il y a par kilomètre :

Rails	51,600 kil.
Coussinets (350 par kilomètre)	1,666 »
Chevilles (au nombre de 4,899)	1,275 »
Boulons (au nombre de 700)	136 »
TOTAL	54,677 kil.

Entre Philadelphie et Reading, cette superstructure a coûté par kilomètre de simple voie, 25,248 fr.

CHEMIN DE FER D'AMBOY A CAMDEN.

La superstructure du chemin de fer d'Amboy à Camden a été établie diversement.

Sur la presque totalité de la distance de South Amboy à Bordentown (43 kilomètres $\frac{1}{2}$ sur 56 kilomètres $\frac{1}{2}$), on lui a donné pour fondation, sous chaque ligne de rails, un lit continu de pierrailles de 0^m,305 d'épaisseur et de 0^m,915 de large, sur lequel on a fait passer et repasser à diverses reprises un rouleau du poids de 3,000 kilog., fait de vieilles meules. Par dessus la pierraille sont placés de larges dés de pierre de 0^m,254 à 0^m,330 d'épaisseur, et dont la base est un carré de 0^m,61 de côté.

Les dés sont espacés de 0^m,98 de centre à centre, bien affermis sur le lit de pierraille, et flanqués de même de pierre menue, en avant et en arrière. Sur ces dés, sont des supports en acacia *(pseudo-robinia)*, de 0^m,152 à 0^m,203 d'épaisseur et de 0^m,356 de long, qu'on fixe d'abord sur les dés à l'aide de deux chevilles de bois de même essence, fichées dans des trous de 0^m,025 de diamètre et de 0^m,076 de profondeur, pratiqués dans le dé; le rail est assis sur ces supports. Ce rail est à base parfaitement plane en dessous, et épatée.

M. R.-L. Stevens a eu, le premier, l'idée de cette forme de rail, qui est usitée en Amérique, de préférence à toutes les autres, et c'est sur le chemin d'Amboy à Camden qu'on l'a employée pour la première fois.

Les dimensions du rail d'Amboy à Camden sont:

Hauteur.	0^m,089
Largeur à la base . . .	0^m,089
— à la tête . . .	0^m,054

Le poids de ce rail est de 20^k,81 par mètre courant.

Il est maintenu sur son support, à l'aide de deux chevilles en fer de 0^m,152 de long, à tête rabattue à angle droit. Ces chevilles s'enfoncent dans les trous ménagés dans le dé, où l'on chasse d'abord des chevilles en bois. Avec la tarrière, on prépare dans ces chevilles en bois, une fois en place, une ouverture par où pénètrent les chevilles en fer.

Par leurs extrémités, les rails s'appuient sur un petit coussinet en fonte, très simple. C'est une plaque offrant une rainure que remplit exactement la base épatée du rail. Cette plaque porte quatre trous destinés à donner passage à autant de chevilles, deux pour chacune des barres qui se réunissent là ; alors le dé a quatre trous au lieu de deux.

Les rails en jonction sont liés l'un à l'autre pareillement par de petites pièces latérales dont on les flanque, et qui ont 0^m,127 de long sur 0^m,054 de haut et 0^m,0159 d'épaisseur. Ces languettes et les tiges montantes des rails sont traversées par des boulons ; des trous y sont pratiqués à cet effet.

Les rails sont en barres, les unes de 4^m,88, les autres de 3^m,66. Ces dernières sont trop courtes.

La pose des rails a eu lieu par un temps très froid. On avait laissé un vide de 0^m,0032 entre deux barres successives ; on a reconnu, m'a-t-on dit, que c'était trop peu.

Cette superstructure est très permanente et exige très peu d'entretien.

Dans les courbes, les deux lignes de rails sont unies par des barres de fer crochues à leurs extrémités, allant par-dessous les rails s'accrocher aux rebords extérieurs de leurs bases.

---

§ V. — CHEMINS DE FER FRANÇAIS.

Quantité de chemins de fer en activité.

Au 1er janvier 1853, la longueur totale des lignes concédées, était de 6,983 kilomètres, dont 3,894 kilomètres étaient en activité.

Largeur de la voie.

La largeur de la voie est la même pour tous les chemins; elle a été fixée à $1^m,44$, mesurée entre les rails. Quant à l'entre-voie, elle est maintenant portée à $1^m,80$ et même à $2^m,00$. Sur les premiers chemins de fer, celui de Saint-Etienne, par exemple, elle n'est que de $1^m,00$, quantité beaucoup trop faible.

Forme des rails.

Les rails employés jusqu'à présent en France, sont : les rails d'uniforme épaisseur, les rails à simple champignon, et les rails à double champignon.

La forme américaine a été essayée sur le chemin de Saint-Germain, mais elle a été abandonnée.

Quant à la forme en U renversé, elle n'est employée que sur un embranchement de Tours à Nantes, et sur une partie du chemin de fer de Blesme à Gray.

CHEMIN DE FER D'AMIENS A BOULOGNE.

Le rail du chemin de fer d'Amiens à Boulogne est, à fort peu de chose près, le même que celui employé au chemin du Nord, et dont nous avons donné la section,

fig. XXIV, pl. 6. Il pèse $30^{k},514$ le mètre courant; sa longueur est de $4^{m},50$, et sa hauteur de $0^{m},115$; la tige a $0^{m},015$ d'épaisseur. Les champignons ont chacun $0^{m},06$ de largeur; leur surface de roulage est plane, et se termine à chaque extrémité par un quart de rond de $0^{m},007$ de rayon.

Le rail repose dans le chair, de manière à avoir son axe incliné de $\frac{1}{20}$ du côté de l'intérieur de la voie. Les chairs de joint diffèrent essentiellement de ceux placés sous les points intermédiaires. Dans les premiers *(fig. X et XV, pl.* 11), les joues ont chacune deux contreforts, tandis que dans les autres chairs *(fig. IX et XIV, pl.* 11), elles n'en ont qu'un qui correspond à l'axe du chair. Dans l'une et l'autre espèces, les trous des chevilles ne sont pas dans le même plan vertical. En outre, la joue contre laquelle le coin s'appuie, est légèrement bombée, de manière que lors des chocs latéraux, la pression du rail correspond à l'axe du chair. Du reste, les extrémités des deux joues sont à la même distance les unes des autres; par conséquent, le coin peut être mis dans un sens ou dans l'autre.

Les extrémités du plafond sont faiblement arrondies sur $0^{m},015$ de longueur de chaque côté; il en résulte que dans les chairs de joint dont le plafond a $0^{m},115$, le rail ne porte que sur $0^{m},085$; de même, dans les chairs intermédiaires dont le plafond a $0^{m},075$, il repose seulement sur une longueur de $0^{m},045$. Ces chairs sont évidés par dessous d'une manière irrégulière. Le plus grand évidement a lieu sous la partie correspondant au coin.

Les chairs de joint pèsent $10^{k},90$, et les autres $8^{k},251$. Ils sont fixés sur des traverses au moyen de chevilles en

fer, du poids de $0^k,290$, et qui ont $0^m,19$ de diamètre sur $0^m,158$ de longueur, non compris la tête. Ces chevilles sont à 8 pans, et se terminent en biseau.

Les traverses sont en chêne ; leurs dimensions ont été ainsi fixées, savoir :

TRAVERSES DE JOINT.

Minimum :	longueur,	$2^m,50$ —	largeur,	$0^m,28$ —	épaisseur,	$0^m,14$.
Maximum :	»	$2^m,70$ —	»	$0^m,32$ —	»	$0^m,16$.

TRAVERSES INTERMÉDIAIRES.

Minimum :	»	$2^m,40$ —	»	$0^m,24$ —	»	$0^m,23$.
Maximum :	»	$2^m,70$ —	»	$0^m,28$ —	»	$0^m,15$.

Ces traverses ont été soumises au procédé Margary, c'est-à-dire qu'elles sont restées pendant un certain temps dans une dissolution de sulfate de cuivre (*). Dans les parties où le sol est solide, les traverses sont espacées d'axe en axe, de $1^m,00$ près les joints, et de $1^m,25$ pour les autres points ; mais lorsque la voie repose sur un terrain peu résistant, le nombre des portées s'élève à cinq, savoir : deux de $0^m,65$ près les joints ; deux de $1^m,00$, et une de $1^m,25$ correspondant au milieu du rail.

Les coins sont en chêne ; ils ont $0^m,25$ de longueur sur $0^m,05$ de hauteur, et une épaisseur moyenne de $0^m,06$.

Ce chemin a été entièrement livré au public le 23 août 1848.

CHEMIN DE FER D'ANDRÉZIEUX A ROANNE.

Le premier rail avait la forme d'un simple T parallèle (*fig. V, pl. 4*), dont le poids était de 13 kilog. par mètre courant.

(*) Voir Note *G*.

Ce rail avait les dimensions suivantes :

Epaisseur de la tige	0m,012
Largeur du champignon	0m,045
Largeur du bourrelet inférieur	0m,020
Hauteur totale	0m,084
Longueur	5m,000
La surface supérieure du champignon était courbe; son rayon principal avait. . .	0m,130

Ce rail était supporté par des dés en pierre; il a été remplacé par un rail de forme double T, pesant 20 kilog. le mètre courant, et dont voici les dimensions :

Epaisseur de la tige	0m,015
Largeur du champignon	0m,050
Hauteur totale	0m,093
Longueur	5m,000

Les chairs intermédiaires pèsent 7 kil. et ceux de joint 8k,15; ils reposent sur des traverses en chêne, ayant 2m,33 sur 0m,20 et 0m,10. Par chaque rail, il y a six traverses, y compris celle de joint; les coins sont placés en dehors de la voie.

Ce chemin de fer a été livré au public le 5 mars 1833.

CHEMIN DE FER DE BEAUCAIRE A ALAIS ET A LA GRAND-COMBE.

Le premier rail avait la forme d'un simple T, ayant 0m,088 de hauteur, 0m,057 de largeur au champignon, 0m,015 à la tige, et 0m,028 à la base qui avait 0m,019 de hauteur.

Ce rail pesait 17 ,25 le mètre courant. Il a été remplacé par un rail double T, du poids de 31 kilog., et

dont la hauteur était de $0^m,115$ et la longueur $4^m,80$. Chaque champignon avait $0^m,064$ de largeur; leur surface de roulage était plane. La tige avait $0^m,015$ de largeur.

A ce rail, on a substitué celui dont la section est représentée par la fig. XXVII, pl. 6; il pèse 33 kilog. le mètre courant, et sa longueur est de $4^m,80$. L'arc de cercle qui forme le contour de sa surface de roulage, a $0^m,27$ de rayon, et présente par conséquent un bombement très léger. Les chairs intermédiaires pèsent 10 kilog., et sont espacés de $1^m,12$; ils diffèrent très peu de ceux du chemin de fer de Londres à Birmingham (*fig. III et VII, pl.* 10). Le plafond présente une légère courbure dans le sens de la longueur du rail; les chairs de joint pèsent, suivant M. Perdonnet, 2 kilog. $\frac{1}{2}$ de plus que les autres; ils ont à leur base $0^m,27$ de longueur sur $0^m,125$. Les premiers rails étaient posés sur des dés en pierre, auxquels on a substitué des traverses. Les coins sont placés à l'intérieur de la voie.

Le chemin d'Alais à Beaucaire a été livré au public le 19 août 1840.

CHEMIN DE FER DE BLESME ET SAINT-DIZIER A GRAY.

Les travaux du chemin de fer de Blesme et Saint-Dizier à Gray, ont été commencés dans la première quinzaine de décembre 1852.

L'habile ingénieur de ce chemin, M. Félix Tourneux, se propose d'employer deux espèces de rails: l'un ayant la forme du double T, et l'autre celle d'un U renversé.

Le rail double T (*fig. X, pl.* 14) diffèrera très peu de celui du chemin de fer de Strasbourg; il aura $0^m,13$ de

hauteur et $0^m,018$ d'épaisseur à la tige. La largeur des champignons sera de $0^m,06$, et le contour de leur surface supérieure sera composé de trois arcs de cercle, dont l'un, celui du milieu, aura $0^m,19$ de rayon; chacun des deux autres formant l'extrémité du champignon, aura un rayon de $0^m,008$. Le poids de ce rail sera de 35 kilog. par mètre.

Nous donnons, fig. X, pl. 14, la coupe, et, fig. XI, le plan du coussinet de joint. La partie contre laquelle s'appuie le rail, n'a que $0^m,035$ de largeur, quantité qui nous paraît faible.

Les fig. XII et XIII de la même planche, représentent la coupe et le plan du coussinet intermédiaire, dans lequel le coin en bois ordinairement employé pour maintenir le rail, se trouve remplacé par une pièce de fonte mobile A, qui s'appuie d'un côté au rail, et de l'autre à un arrêt C, ménagé dans le coussinet. En outre, cette pièce de fonte est maintenue dans le sens vertical par un boulon B, qui la traverse ainsi que la base du coussinet à laquelle il est fixé par une clavette D. Cette disposition est sans aucun doute très ingénieuse, mais elle nous semble un peu compliquée, et nous craignons que la précision qu'elle exige dans la confection de la pièce mobile, ne la fasse abandonner. Dans tous les cas, l'entretien en serait difficile et dispendieux.

Nous donnons, fig. V, pl. 14, la coupe du rail en U renversé, qu'on se propose d'employer sur le chemin de Blesme. Il pèsera 30 kilog. le mètre courant. Sa longueur sera de $6^m,00$. Du côté de la voie, sa hauteur mesurée sur la verticale passant par le centre des trous destinés aux chevilles, sera de $0^m,070$, tandis que de l'autre côté, elle sera de $0^m,076$. La surface supérieure se trouvera

ainsi inclinée de $\frac{1}{20}$. Cette disposition, pour incliner la surface de roulage, est plus simple que celle employée sur les autres chemins de fer, mais elle présente l'inconvénient de ne pas permettre aux rails d'être retournés, lorsque l'arête intérieure vient à être attaquée.

Ce rail reposera sur des longrines demi-rondes, ayant un diamètre moyen de $0^m,38$, et dont la partie supérieure sera rendue plane sur une largeur moyenne de $0^m,20$. Ces longrines seront de deux longueurs différentes: les unes, placées sous les joints des rails, auront $2^m,90$ à $3^m,10$, et les autres de $2^m,50$ à $2^m,80$. Elles laisseront entre elles un intervalle de $0^m,15$ à $0^m,20$. Les deux cours seront réunis par des traverses de $2^m,15$ à $2^m,20$ de longueur sur $0^m,10$ à $0^m,14$ de hauteur, et $0^m,18$ à $0^m,26$ de largeur. Ces traverses seront entaillées de $0^m,03$ pour recevoir les longrines.

Chaque rail sera fixé par douze chevilles en bois comprimé de $0^m,025$ de diamètre, et dont trois ayant $0^m,25$ de longueur seront placées, l'une au milieu de la longueur du rail, et chacune des deux autres à ses extrémités; les neuf autres chevilles ayant $0^m,15$ de longueur seront posées, savoir: une à chaque extrémité, et les sept autres le long de ses deux côtés, et de manière à être espacés de $0^m,60$ d'axe en axe. Ainsi, chaque extrémité de rail sera fixée par deux chevilles, dont une de $0^m,25$, et l'autre de $0^m,15$. En outre, les extrémités de deux rails consécutifs seront maintenues entre elles par un coin en bois remplissant le creux des rails, et ayant une longueur de $0^m,20$.

Sur l'embranchement de Dôle à Salins, on doit employer un rail en U renversé, dont le poids sera de 25

kilog., et qui, du reste, différera très peu de celui dont nous venons de nous occuper.

CHEMIN DE FER DE BORDEAUX A LA TESTE.

Le rail représenté par la fig. XXV, pl. 5, pèse 20 kil. par mètre courant. La surface de roulage est plane. Le léger renflement qui le termine à la partie inférieure, ne nous paraît pas présenter une base assez large pour donner au rail une stabilité suffisante.

La longueur des rails varie entre 4^m,50 et 5^m,40; l'épaisseur du plafond est de 0^m,0455 sous le rail, et de 0^m,025 pour le surplus.

Les chairs pèsent 5^k,97; ils sont disposés de manière que le coin peut être placé en dehors ou en dedans de la voie; il en résulte que le rail n'est pas appuyé dans sa partie supérieure. Le coin n'a que 0^m,045 de hauteur sur 0^m,02; les traverses sont espacées de 0^m,90 d'axe en axe; elles ont 2^m,10 de longueur sur 0^m,20 d'équarrissage.

Ce chemin a été livré à la circulation le 16 juillet 1841.

CHEMIN DE FER DE BORDEAUX A ORLÉANS.

Le rail, ainsi que l'indique la fig. IV, pl. 7, a la forme double T; il pèse 33^k,33 le mètre courant; sa longueur est de 4^m,80. On en a admis environ $\frac{1}{10}$ ayant seulement 4^m,50 et 3^m,60. Cette tolérance pourra présenter de graves inconvénients lors de l'entretien.

Le rail n'est pas placé verticalement; son axe est incliné de $\frac{1}{20}$. La surface supérieure des champignons est

bombée; le rayon de l'arc principal est d'environ $0^m,18$; les deux autres ont chacun $0^m,007$ de rayon. Les chairs de joint pèsent $11^k,00$ et les autres 8 kilog. La pose est entièrement faite sur traverses, espacées d'axe en axe, de $1^m,20$, et ayant $2^m,75$ de longueur sur $0^m,28$ et $0^m,16$; une grande partie de ces traverses est demironde.

CHEMIN DE FER DU CENTRE.

Nous donnons, fig. III, pl. 7, la coupe verticale du rail employé sur le chemin de fer du Centre.

Ce rail pèse 36 kilog. par mètre courant; sa longueur est de $5^m,50$, excepté dans les courbes où l'on a employé des rails de $5^m,46$. Son axe est incliné de $\frac{1}{19}$. Le contour de la surface supérieure du champignon forme une courbe composée de trois arcs de cercle; celui du milieu a $0^m,15$ de rayon, et chacun des deux extrêmes a $0^m,008$ de rayon. Les coussinets de joint pèsent $12^k,23$; ils ont $0^m,266$ de longueur sur $0^m,12$. La partie du plafond où repose le rail, est légèrement bombée. Les chairs intermédiaires sont représentés par les fig. IV et VIII, pl. 12; leur poids est de $9^k,24$; leur largeur est de $0^m,10$. Ces chairs diffèrent principalement de ceux des joints, en ce que les trous pour les chevilles et les nervures contrebutant les joues, sont disposés comme dans les chairs adoptés par M. Cubitt, pour le chemin de fer de Douvres. Cette différence dans la forme des chairs, paraîtra sans doute très motivée à quiconque se rendra compte des chocs transmis aux joues des chairs (*).

Dans les chairs intermédiaires (*fig. IV* et *VIII, pl.* 12),

(*) Voir Note *F*.

la joue contre laquelle est pressé le coin, est disposée de manière que la plus grande pression du coin est exercée suivant l'axe du chair; cette disposition n'existe pas dans les chairs de joint; la pression y a lieu sur toute la longueur de la joue.

Le rail de 5^{m},50 est supporté par six chairs espacés de 0^{m},875 pour ceux de joint, et de 1^{m},25 pour les autres. La pose est entièrement faite sur traverses; celles de joint ont 2^{m},60 sur 0^{m},32, et une épaisseur telle, qu'après le sabotage, il reste 0^{m},15 entre le dessous du chair et la face inférieure de la traverse. Pour les traverses intermédiaires, la largeur est réduite à 0^{m},22; les autres dimensions sont les mêmes. Les coins ont 0^{m},043 sur 0^{m},062, et sont placés à l'extérieur de la voie.

Le chemin a été livré au public dans le courant de l'année 1847.

CHEMIN DE FER DE CEINTURE.

Le chemin de fer de ceinture, destiné à relier les gares des chemins de fer aboutissant à Paris, a été décrété le 10 novembre 1852, et le 12 décembre de la même année, la première section, comprise entre la gare des marchandises de Rouen, aux Batignolles, et l'extrémité de la gare du Nord, à la Chapelle-Saint-Denis, a été parcourue par un train d'inauguration.

Nous donnons, fig. I, pl. 14, le dessin du rail tel qu'il a été approuvé par le conseil général des Ponts-et-Chaussées.

Ce rail pèse 37 kil. le mètre. Les fig. II représentent le plan et l'élévation du coussinet de joint, et la fig. III, le plan du coussinet intermédiaire conforme au projet

présenté par M. Charles Pouillet; celui de joint pèse 11k,08, et l'intermédiaire 8k,77. Ils reposent sur des tables de pression (*).

Le bouton, ou saillie A (*fig. II*), est destiné à aider les chevilles à maintenir le coussinet sur la table de pression. Le dessous de chaque coussinet est évidé en sept endroits. Ces évidements ont pour base un cercle dont le rayon est de 0m,032 pour les coussinets intermédiaires, et de 0m,04 pour ceux de joint.

Dans ces coussinets, les contreforts sont remplacés par une augmentation d'épaisseur du milieu de chaque mentonnet. En outre, dans le coussinet intermédiaire, le mentonnet contre lequel s'appuie le rail, est réduit, ainsi que le plafond, à une largeur de 0m,04.

CHEMIN DE FER DE DIJON A BESANÇON.

Le chemin de fer de Dijon à Besançon a été commencé en 1852.

Les rails et les coussinets seront les mêmes que ceux du chemin de fer de Paris à Lyon, dont le chemin de Dijon à Besançon est en quelque sorte un embranchement.

CHEMIN DE FER DE LYON A AVIGNON.

La forme du rail que l'on se propose d'employer sur le chemin de fer de Lyon à Avignon, est, à peu de chose près, la même que celle du rail du chemin de fer de Marseille à Avignon. Nous en donnons une coupe de grandeur naturelle, fig. XV, pl. 14.

Le poids de ce rail est de 35k,70 le mètre courant.

(*) Voir note H.

CHEMIN DE FER DE MARSEILLE A AVIGNON.

Comme l'indique la fig. V, pl. 6, le rail du chemin de Marseille est parallèle et à double T, mais avec champignons de force et de forme différentes.

Ce rail présente, par conséquent, l'inconvénient de ne pouvoir être retourné sens dessus dessous, et d'avoir moins de stabilité dans les chairs. Il pèse 33 kilog. le mètre courant ; sa longueur est de 4^{m},80. Il est incliné dans le chair d'environ $\frac{1}{16}$. Il y a quatre espèces de chairs :

1° Le chair intermédiaire, dont le poids est de 10 kilog., et dont la forme diffère peu de celle du chair du chemin d'Orléans (*fig. XI* et *XV, pl.* 10) ; il a 0^{m},26 de longueur sur 0^{m},105 de largeur ; son épaisseur au plafond est de 0^{m},045. Le plafond est légèrement bombé.

2° Le chair de joint ordinaire, pesant 12 kilog., et dont la plate-forme a 0^{m},26 sur 0^{m},125.

3° Le chair de joint avec nervure, ou saillie ménagée dans le plafond pour maintenir l'écartement des rails Ce chair est employé dans les percements de la Nerthe et de Saint-Louis, dont les voies ne sont pas horizontales. Il est placé de cinq rails en cinq rails, et pèse 13 kilog.

4° Le chair de joint sans nervures, employé également dans ces deux percements, et qui diffère des autres chairs de joint, en ce que les coins sont maintenus dans le sens vertical, par le rebord de la joue du chair, comme cela a lieu dans le chair de Saint-Etienne (*fig. II, pl.* 9). Ce chair pèse 12^{k},85.

Les coins pour les chairs de joint des percements ont

0^{m},30 de long. Tous les autres ont 0^{m},19. Leur grosseur moyenne est de 0^{m},065 sur 0^{m},05.

Les chevilles en fer ont 0^{m},17 de longueur sur 0^{m},02. Elles pèsent 0^{k},35; on les a galvanisées.

La pose est entièrement faite sur traverses en mélèze; les unes sont demi-rondes et les autres équarries. Les premières ont 0^{m},25 sur 0^{m},14, et les dernières 0^{m},25 sur 0^{m},12. Leur longueur est de 2^{m},50. Les traverses équarries sont réservées pour les joints. La longueur du rail est divisée en cinq portées : deux, celles près les joints, ont 0^{m},70; les deux suivantes, 1^{m},00, et celle du milieu, 1^{m},24.

En 1851, on s'occupait activement de mettre des traverses en chêne, en remplacement des traverses en mélèze, qui se trouvaient toutes entièrement décomposées.

Ce chemin a été inauguré le 8 janvier 1848.

CHEMINS DE FER DU MIDI.

Il résulte du rapport présenté le 30 avril 1853, par M. le président du conseil d'administration à l'assemblée générale des actionnaires de la Compagnie des *Chemins de fer du Midi*, que deux espèces de rails seront employées sur ces chemins de fer. Le rail Brunel, pesant 30 kilog., sera adopté pour la voie des embranchements, et celui de M. Barlow sera appliqué sur la voie principale. A l'appui de ce choix, le rapport donne les considérations suivantes :

» Préoccupé des inconvénients qui ont été constatés,
» depuis quelques années, dans le système des voies ex-
» clusivement employées en France, et cherchant surtout
» à mettre l'ensemble de notre ligne dans des conditions

» qui assurent une grande économie avec une circula» tion très active, nous avons été conduits à entrer lar» gement dans le sytème de voies à supports longitudi» naux, dont la supériorité est actuellement constatée » en Angleterre par une longue expérience.

» Pour les embranchements dont le trafic sera tou» jours le moins considérable, nous avons adopté le » système de voie de M. Brunel, employé jusqu'à ces » derniers temps sur le Great-Western et ses embran» chements. Les rails seront appliqués sur des longrines » en bois de pin préparé, que les Landes nous fournis» sent à des prix très avantageux.

» Sur la ligne principale, où nous devons assurer à la » circulation une régularité d'autant plus grande, qu'une » seule voie devra suffire pendant long-temps au mou» vement, dans les deux sens, de transports considéra» bles de toute nature, nous devions rechercher un sys» tème qui satisfît le plus possible à cette condition, en » même temps qu'à celle d'économie dans les frais d'ex» ploitation. Sur l'avis unanime des ingénieurs qui com» posent notre comité de direction des travaux, nous » avons adopté la voie de M. Barlow, qui a déjà reçu en » Angleterre la sanction d'une expérience de plusieurs » années, et qui continue à jouir d'une grande faveur » auprès des ingénieurs appelés, dans ce pays, à cons» truire des voies nouvelles.

» Les avantages de ce système sont : l'économie des » dépenses de premier établissement, lorsque, tenant » compte des frais d'entretien et de renouvellement, on » le met en parallèle avec le système ordinaire de rails » sur traverses ; la fixité des joints qui fait disparaître le » mouvement de cahottement, la simplicité de la pose,

» et l'entretien résultant de la diminution du nombre » des pièces et du mode d'assiette sur le ballast, la con- » servation du matériel roulant, enfin, la sécurité de la » circulation qui n'est plus compromise par la rupture » des rails ou de leurs supports. Ces avantages nous ont » paru assez prononcés, pour que nous n'ayons pas » craint de faire sur la ligne principale tout entière l'ap- » plication de ce système. »

CHEMIN DE FER DE MONTEREAU A TROYES.

Nous donnons, fig. XIV, pl. 7, la coupe verticale du rail du chemin de fer de Montereau à Troyes.

Ce rail pèse 30 kilog. le mètre courant; sa longueur est de $5^m,00$; elle est divisée en cinq parties, dont deux de $0^m,90$, près les joints, une de $1^m,10$ vers le milieu, et deux de $1^m,05$. L'axe du rail est légèrement incliné vers l'intérieur de la voie.

Le contour de la surface supérieure du champignon présente un arc de cercle dont le rayon est de $0^m,15$, et qui se termine de chaque côté par un arc dont le rayon est de $0^m,008$.

La section de ce rail nous paraît être dans de bonnes conditions. Les extrémités de chaque champignon y sont convenablement réunies à la tige.

Les chairs de joint pèsent 11 kil. et les autres 8 kil. Nous donnons, fig. III et VII, pl. 12, le plan et l'élévation du chair de joint. Chacune des joues ne se trouve contrebutée que par un contrefort qui vient se terminer près le trou destiné aux chevilles. Cette disposition est sans doute très bonne pour les chairs intermédiaires, mais, comme nous l'avons déjà fait observer précédem-

ment, nous craignons qu'il n'en soit pas de même pour les joints. La position des contreforts, par rapport aux trous des chevilles, nécessite au plafond du chair, une plus grande longueur. Ainsi, ce chair a $0^m,31$ de long, tandis que ceux des autres chemins ne dépassent pas en général $0^m,27$; souvent même ils n'ont que $0^m,24$. Tels sont ceux d'Orléans, de Strasbourg, de Rouen, etc.

Afin de diminuer le poids du chair, on a pratiqué divers évidements de $0^m,005$ de profondeur dans le plafond; il en résulte que le chair repose seulement sur le pourtour du plafond, pourtour dont la largeur est réduite à $0^m,02$. Le parement inférieur de la joue contre laquelle s'appuie le coin, présente, dans le sens horizontal, une surface courbe. Le coin ne se trouve, par conséquent, pressé que vis-à-vis le centre du chair, et il peut être placé aussi bien dans un sens que dans l'autre.

Les chairs sont maintenus sur les traverses, au moyen de chevilles en bois de $0^m,15$ à $0^m,16$ de longueur.

Les traverses de joint ont de $2^m,75$ à $2^m,60$ de longueur, $0^m,32$ de largeur, et $0^m,15$ d'épaisseur. Pour les autres traverses, la largeur est réduite à $0^m,22$.

Les coins ont $0^m,048$ sur $0^m,060$, et sont placés à l'extérieur de la voie.

Ce chemin a été livré au public le 15 août 1848.

CHEMIN DE FER DE MONTPELLIER A CETTE.

L'ouverture de ce chemin a eu lieu le 1er janvier 1839.

Le premier rail avait la forme d'un simple T (*fig. XI, pl.* 5); il pesait 20 kilog. le mètre courant, et reposait sur des dés en pierre, ayant en moyenne de $0^m,45$ à

$0^m,50$ de surface. Les chairs de joint pesaient 8 kil., et les autres 7 kilog. Ce rail ayant été reconnu beaucoup trop faible, on l'a dernièrement remplacé, sur presque toute la ligne, par un rail double T, pesant $34^k,16$ par mètre courant, et qui a $0^m,12$ de hauteur. La tige a $0^m,017$ de largeur; chaque champignon a $0^m,064$ de largeur.

Le pourtour des champignons diffère très peu de celui adopté pour le rail du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux (*fig. IV, pl.* 7).

La longueur du rail est de $4^m,80$. Ce rail repose sur quatre traverses dont deux, celles près les joints, sont espacées de $1^m,15$ et les autres de $1^m,25$. Ces traverses ont $2^m,50$ sur $0^m,12$ et $0^m,25$; les chairs y sont maintenus par des chevilles en fer de $0^m,14$ de longueur et de $0^m,02$ de diamètre. Les chairs de joint pèsent 11 kilog. et les autres 10 kilog. Les coins sont placés en dehors de la voie.

CHEMIN DE FER DE MONTPELLIER A NIMES.

La voie a été livrée au service des voyageurs le 9 janvier 1845, et à celui des marchandises dans le courant du mois de juillet suivant.

Les rails et les traverses ont les mêmes dimensions que pour le chemin de fer de Montpellier à Cette.

CHEMIN DE FER DE MULHOUSE A THANN.

La circulation a été établie sur ce chemin le 14 mars 1840.

Le rail (*fig. VIII, pl.* 6) pèse 20 kilog. le mètre courant; sa longueur est de $4^m,50$; il repose sur des traverses espacées de $0^m,90$ d'axe en axe, et dont les unes

sont équarries et les autres demi-cylindriques. Ces traverses sont en chêne; leur longueur varie entre 2m,20 et 2m,80, et leur épaisseur, aubier déduit, n'est jamais au-dessous de 0m,14. Leur volume moyen est un peu au-dessus de $\frac{1}{10}$ de mètre cube. Le prix de ces traverses est revenu à 7 fr. environ, rendues au chantier, et à 7 fr. 20 c. rendues sur place. Les plus larges ont été réservées pour recevoir les chairs de joint.

Les chairs de joint pèsent 8k,375 et les autres 6k,50. En les posant, on les a inclinés de manière à donner à la surface supérieure du rail une inclinaison transversale de $\frac{1}{20}$; cette inclinaison est la même que celle des jantes des roues. Les chairs sont fixés au moyen de chevilles en fer pesant 0k,275 l'une, et dont la longueur, non compris la tête, est de 0m,16, et le diamètre supérieur 0m,19.

Les coins ont 0m,25 de longueur, et sont placés en dehors de la voie.

CHEMIN DE FER DU NORD.

Les deux tronçons de Lille et de Valenciennes à la frontière belge, ont été livrés au public en 1842, et la portion qui relie ces deux parties à Paris, a été inaugurée le 20 juin 1846.

Le rail a la forme double T; nous en donnons la section, fig. XXIV, pl. 6. La surface de roulage est plane. Ce rail, dont la longueur est de 4m,50, pèse 30 kil. le mètre courant. Maintenant on emploie, pour les prolongements de ce chemin, un rail du poids de 37 kil., dont la section diffère très peu de celle du rail adopté sur le chemin de fer de Rouen (*fig. II, pl.* 7). Il a 0m,127 de hauteur et 0m,019 d'épaisseur à la tige.

Les champignons ont 0m,066 de largeur; leur surface supérieure a la forme d'un arc de cercle de 0m,30 de rayon, et qui se termine de chaque côté par un quart de cercle de 0m,008 de rayon. Le chair ordinaire employé pour le premier rail, diffère très peu de celui du chemin d'Orléans (*fig. XI* et *XV*, *pl.* 10). Il pèse 9 kil. Celui de joint pèse 10k,97. Les joues sont disposées de manière que le coin peut entrer aussi bien d'un côté que de l'autre. Ces chairs sont placés sur les traverses, de façon à donner aux rails une inclinaison de $\frac{1}{20}$ de leur hauteur.

Pour les nouveaux rails, on a adopté des chairs d'une toute autre forme; nous donnons, fig. XI et XVI, pl. 11, le plan et la coupe du chair intermédiaire, et fig. XVII, le plan du chair de joint; son élévation est la même que pour le chair intermédiaire (*fig. XI*).

Les fig. XII et XIII représentent les élévations des faces latérales des chairs de joint. Le poids de ces chairs est de 12k,42 pour les joints, et de 10k,06 pour les autres. L'intérieur du chair est disposé de manière à donner aux rails une inclinaison de $\frac{1}{20}$. On a pratiqué sous le plafond, un évidement dont la plus grande hauteur correspond à l'emplacement du coin. La forme adoptée pour les chairs de joint nous paraît préférable à toutes celles employées jusqu'à présent sur les chemins de fer français. Le nombre des chevilles est porté à trois, dont deux à l'intérieur de la voie, se trouvent placées à droite et à gauche d'un contrefort correspondant à l'axe du chair. Cette disposition des chevilles met le chair à même de résister aux chocs latéraux, et diminue la chance des accidents provenant de la rupture des chevilles.

Les traverses ont 2m,50 de longueur; leur épaisseur

varie de $0^m,14$ à $0^m,16$, et leur largeur de $0^m,22$ à $0^m,30$. Primitivement, elles étaient espacées d'axe en axe de $1^m,00$ près les joints, et de $1^m,25$ sur les autres points. Depuis l'accident de Fampoux, on a placé une traverse de plus sous chaque rail, et les écartements, au nombre de cinq, ont été portés, deux à $0^m,75$, et trois à 1 mètre. Les chevilles sont en fer; elles ont $0^m,02$ de diamètre et $0^m,15$ de longueur, y compris la tête.

Les coins sont placés à l'extérieur.

Vers le mois de janvier 1848, on a commencé l'essai de coins en chêne comprimé, dont la longueur est seulement de $0^m,125$. Ils étaient très secs au moment de la pose; l'humidité du sol les a fait gonfler de manière qu'à chaque extrémité du chair, ils forment une espèce de bourrelet qui les empêche de glisser. Nous ignorons le résultat de cette expérience.

Dans l'assemblée générale du 30 avril 1853, le conseil d'administration a proposé de remplacer entièrement le rail de 30 kil., devenu trop faible par suite de l'augmentation de poids donnée aux locomotives et aux waggons, qui ont été disposés pour recevoir un chargement de dix tonnes.

CHEMIN DE FER D'ORLÉANS.

Le rail a la forme du double T; il pèse 30 kilog. le mètre courant; sa longueur est de $4^m,50$.

Dans l'origine, on avait adopté la section représentée par la fig. XX, pl. 6; on lui a substitué celle indiquée par la fig. XXV de la même planche; dans cette dernière, la surface supérieure du champignon est courbe.

Dans les tranchées dont le sol est ferme, l'écartement entre les traverses de joint et celles les plus voisines, est

de $1^m,00$; entre les autres traverses, il est de $1^m,25$. Sur les remblais et dans les tranchées dont le sol est douteux, l'écartement près les joints est de $0^m,75$, et pour les autres traverses il est de $1^m,00$. L'axe du rail est vertical.

La fig. XV, pl. 10, représente le plan du chair nouvellement adopté, et la fig. XI, une coupe prise suivant la ligne AB de la fig. XV. Le poids de ce chair est de $9^k,20$. Les deux joues sont parallèles, disposition qui ne nous semble pas heureuse ; le rail paraît, du reste, très bien maintenu.

Les coins sont placés en dehors de la voie. Les traverses ont les mêmes dimensions que celles des traverses employées sur les autres chemins des environs de Paris.

La partie de Paris à Corbeil a été livrée au public en 1840, et celle de Paris à Orléans le 1er mai 1843.

CHEMIN DE FER DE PARIS A CHARTRES.

Le rail diffère peu de celui employé entre Châlon et Dijon ; nous en donnons la section, fig. III, pl. 11. Il pèse $37^k,80$; sa longueur est de $5^m,00$ et sa hauteur de $0^m,130$. Les champignons ont $0^m,062$ de largeur. Le contour de leur surface de roulage se compose d'un arc de cercle dont le rayon est de $0^m,130$, et qui est terminé à chaque extrémité par un quart de cercle de $0^m,01$ de rayon. La tige a $0^m,018$ d'épaisseur.

Ce rail est placé dans le chair de manière à avoir son axe incliné de $\frac{1}{19}$ vers l'intérieur de la voie. Nous donnons, fig. III et VII, pl. 11, le plan et la coupe du chair ordinaire ; il pèse $10^k,50$; le chair de joint pèse 12 kil. La

plus grande partie des chairs est fixée sur les traverses, au moyen de chevilles en fer de 0m,019 de grosseur, et de 0m,15 de longueur, non compris la tête qui est ronde. Sur 15,000 mètres de double voie, les chevilles en fer sont remplacées par des chevilles en bois comprimé, ayant 0m,029 de grosseur et 0m,15 de longueur. Les chairs de ces chevilles ne diffèrent des autres que par une augmentation de longueur de 0m,02, nécessaire à l'agrandissement des trous des chevilles.

Les dimensions des traverses ont été ainsi fixées :

TRAVERSES DE JOINT.

Minimum :	longueur,	2m,40 —	largeur,	0m,28 —	épaisseur,	0m,13.
Maximum :	»	2m,70 —	»	0m,36 —	»	0m,17.

TRAVERSES INTERMÉDIAIRES.

Minimum :	»	2m,40 —	»	0m,22 —	»	0m,13.
Maximum :	»	2m,70 —	»	0m,28 —	»	0m,17.

Elles sont espacées d'axe en axe, de 0m,76 près les joints, et de 1m,16 sur les autres points. Elles n'ont été soumises à aucune préparation chimique pour les préserver de la pourriture.

Les coins sont placés à l'extérieur ; ils ont 0m,25 de longueur pour les chairs intermédiaires et 0m,30 pour ceux de joint. Ils ont, en moyenne, 0m,066 de hauteur sur 0m,05.

CHEMIN DE FER DE PARIS A LYON.

La fig. VII, pl. 14, représente la coupe du rail du chemin de fer de Paris à Lyon. Dans le principe, ce rail devait avoir 4m,50 de longueur ; il y en a eu quelques uns de fabriqués ainsi, mais depuis, on lui a donné une longueur de 5m,00. Le poids est de 38k,00 par mètre courant. Les premiers chairs pesaient 11 kil.

pour les joints et $8^k,88$ pour les points intermédiaires, ces poids ont été portés à 14 kilog. et $10^k,50$. La forme de ces chairs diffère peu de celle adoptée sur le chemin d'Orléans; voici leurs principales dimensions:

Chairs intermédiaires: longueur $0^m,260$, largeur $0^m,105$, épaisseur sous le rail $0^m,05$. Ces dimensions sont les mêmes pour les chairs de joint, à l'exception de la largeur qui est de $0^m,140$ au lieu de $0^m,105$. Ces chairs ne sont pas évidés par dessous, et les axes des trous pour les chevilles sont placés dans le même plan vertical. Les joues sont parallèles. Le rail est perpendiculaire au plafond du chair. Les traverses sont espacées d'axe en axe, de $0^m,802$ près les joints, et de $1^m,132$ dans les autres parties. Les quatre traverses extrêmes sont carrées et les deux autres demi-rondes. Nous avons trouvé qu'en général les traverses avaient les dimensions suivantes.

Traverses de joint: longeur $2^m,80$, largeur de $0^m,35$ à $0^m,40$, épaisseur de $0^m,15$ à $0^m,19$.

Traverses intermédiaires: longueur $2^m,80$, largeur de $0^m,19$ à $0^m,22$, épaisseur de $0^m,13$ à $0^m,17$.

Les coins de joint ont $0^m,30$ de longueur, et les autres $0^m,25$; ils sont placés à l'extérieur de la voie.

Les travaux de la section de Dijon à Châlon ont été terminés en 1847, et le chemin de fer a été ouvert de Paris à Dijon le 1er juin 1851.

CHEMIN DE FER DE PARIS A ROUEN.

La fig. II, pl. 7, représente la section du rail actuellement employé sur le chemin de Rouen. Dans le principe, la surface de roulage était plane; on lui a substi-

tué une surface arrondie, comme l'indique le dessin que nous donnons. La longueur normale de ce rail est de 4^m,80. D'après le cahier des charges, $\frac{1}{20}$ des rails pouvait être admis sur une longueur de 3^m,60. Le poids est de 36 kilog. le mètre courant.

Le rayon de courbure de la surface supérieure du champignon est à peu près de 0^m,150. Les chairs de joint pèsent 10^k,372, et les chairs intermédiaires 9^k,50. Nous en donnons, fig. XIII, pl. 10, le plan, et fig. 9 une coupe prise sur la ligne AB. Ce chair diffère peu de celui du chemin de fer de Londres à Birmingham (*fig. III* et *VII*, *pl.* 10); il a, selon nous, les inconvénients suivants :

1° Les joues sont parallèles;

2° Les joues sont d'égale hauteur, et par conséquent le rail n'est pas suffisamment appuyé;

3° Le coin n'est pas maintenu dans le sens vertical.

Les chairs sont fixés au moyen de chevilles en fer sur des traverses qui, avant d'être mises en place, ont été soumises à la préparation indiquée par M. Margary, pour les préserver de la pourriture (*).

L'écartement des traverses est de 1^m,12 près les joints, et de 1^m,28 sur les autres points. Les coins sont en chêne comprimé; l'axe du rail est vertical.

L'inauguration de ce chemin a eu lieu le 3 mai 1843, et le 1er août 1848, on a livré à la circulation l'embranchement de Rouen sur Dieppe.

CHEMIN DE FER DE PARIS A SCEAUX.

Nous donnons, fig. XXX, pl. 6, la coupe du rail employé

(*) Voir Note *H*.

sur le chemin de fer de Paris à Sceaux. La surface de roulage est plane et terminée de chaque côté par un quart de rond de 0^m,004 de rayon ; il pèse 31 kilog. par mètre courant ; sa longueur est de 4^m,50 ; il repose sur six traverses, écartées de 0^m,90 d'axe en axe. Ce rail est placé verticalement ; les chairs intermédiaires ont 0^m,227 de longueur sur 0^m,108 de largeur ; leur coupe diffère peu de celle représentée par la fig. X, pl. 10. Le dessous est évidé sur 0^m,003 de profondeur ; leur poids est de 8^k,800 ; les chairs de joint pèsent 9^k,900. Les traverses ont en moyenne 2^m,80 sur 0^m,27 et 0^m,15.

Sur 12,000 traverses qui ont été employées, 3,000 ont été enduites de deux couches de glue marine, et 500 ont été pénétrées successivement de sulfate de fer et de muriate de chaux, suivant le procédé de M. Payne.

Les coins sont placés en dehors de la voie ; ils ont 0^m,30 sur 0^m,07 et 0^m,04.

Ce chemin a été livré au public le 7 juin 1846.

CHEMIN DE FER DE PARIS A STRASBOURG.

Le rail du chemin de fer de Paris à Strasbourg a la forme d'un double T, fig. VI, pl. 14. D'après les réceptions faites à l'usine, ce rail pèse en moyenne 37^k,20 ; sa longueur normale est de 4^m,50. Il est placé dans les chairs de manière à avoir son axe incliné de 0^m,0063 sur sa hauteur. Nous donnons, fig. I et V, pl. 11, le plan et la coupe des chairs intermédiaires ; ils ont 0^m,27 de longueur sur 0^m,11 de largeur ; leur épaisseur, dans la partie correspondant au rail, est de 0^m,055 ; ils sont légèrement évidés par dessous. Quant au chairs de joint, ils diffèrent de ceux employés sur les autres chemins ;

nous en donnons le plan et l'élévation fig. II et VI, pl. 11. Dans l'intérieur de ces chairs et parallèlement aux rails, on a ménagé une petite cavité dans laquelle est placé une espèce de coin en fer qui, pressant à la fois le champignon inférieur de chaque rail, tend à maintenir dans le même plan, les deux parties de rail formant le joint, et par conséquent à obvier en grande partie au grave inconvénient que présentent les coins placés à l'extérieur de la voie (*).

D'après les réceptions faites à l'usine, les chairs intermédiaires pèsent $10^k,49$, et les chairs de joint $12^k,45$.

On pourrait reprocher à ces chairs de ne pas avoir le mentonnet assez élevé; il en résulte que le rail n'est pas suffisamment maintenu dans le sens vertical.

Les coins sont tous placés à l'extérieur de la voie; ils ont $0^m,26$ de longueur. Voici les dimensions des traverses.

Pour les joints :

Traverses équarries . . . . épaisseur, $0^m,15$ — largeur, $0^m,33$.
» demi-circulaires. . » $0^m,18$ — » $0^m,36$.

Pour les chairs intermédiaires,

Traverses équarries . . . . épaisseur, $0^m,15$ — largeur, $0^m,28$.
» demi-circulaires. . » $0^m,165$ — » $0^m,33$.

La longueur des traverses est de $2^m,65$, elles sont espacées d'axe en axe de $1^m,125$. Les chairs sont maintenus sur les traverses par des chevilles en fer qui ont $0^m,165$ de longueur, y compris la tête. Elles ont $0^m,018$ de grosseur au collet, et sont à huit pans sur $0^m,095$ de longueur; le surplus est en biseau.

Une partie du chemin de fer de Paris à Strasbourg a

(1) Voir Note *F*.

été mise en exploitation en août 1849 ; en novembre de la même année, la circulation a été établie de Paris à Chalons-sur-Marne, et en août 1852, le chemin a été livré au public, de Paris à Strasbourg.

CHEMIN DE FER DE PARIS A SAINT-GERMAIN.

La section verticale du rail est représentée par la fig. XXVI, pl. 6; il pèse 30 kilog. le mètre courant; sa longueur est de 4^{m},50.

Dans l'origine, on a essayé, sur une certaine longueur, un rail américain dont la forme différait peu de celle de la section représentée par la fig. XXI, pl. 7; il était maintenu par de forts clous dont la tête formait crochet. Ce rail a été promptement abandonné. On avait reconnu, suivant M. Perdonnet (*), que, dans les courbes principalement, il était plus sujet à se déplacer que les rails ordinaires fixés au moyen de chairs.

Les chairs de joint pèsent 12 kilog., et les autres 9^{k},85; nous donnons, fig. VIII, pl. 10, le plan de ce chair, et fig. IV, une coupe suivant la ligne AB du plan. Ces deux dessins sont extraits de l'ouvrage de MM. Perdonnet et Polonceau. Les chairs sont placés à la distance de 1^{m},12.

L'axe du rail est légèrement incliné par suite de la forme donnée à l'intérieur du chair.

Les coins sont tous placés à l'extérieur ; leur longueur est de 0^{m},22; leur épaisseur moyenne est de 0^{m},042 sur 0^{m},06 de hauteur.

L'ouverture de ce chemin a eu lieu le 9 juillet 1837.

(*) *Journal de l'Industrie et du Capitaliste*, page 390.

CHEMIN DE FER DE ROUEN AU HAVRE.

Les travaux du chemin de fer de Rouen au Havre ont été terminés en juin 1846, mais par suite de la chute du viaduc de Barentin, la ligne n'a pu être livrée à la circulation que le 20 mars 1847.

Le rail et les chairs sont les mêmes que pour le chemin de fer de Paris à Rouen *(page 366)*; le rail repose sur des traverses en chêne, dont les dimensions, au maximum, sont: $2^m,70$ sur $0^m,255$ et $0^m,1275$. Ces traverses ont été soumises au procédé Margary (*note H*). Elles sont espacées de $1^m,05$ près les joints, et de $1^m,35$ sur les autres points. Les chairs y sont placés de manière à donner aux rails une légère inclinaison vers l'axe de la voie. Les chevilles destinées à maintenir les chairs, sont en fer; elles ont $0^m,16$ de longueur sur $0^m,019$ de diamètre.

Les coins sont placés en dehors de la voie; ils sont en chêne comprimé. Leur longueur est de $0^m,13$ pour les chairs intermédiaires, et de $0,^m15$ pour les chairs de joint; leur hauteur est de $0^m,055$, et leur épaisseur de $0^m,045$.

CHEMIN DE FER DE SAINT-ÉTIENNE A LYON.

Les premiers rails avaient la forme du simple T parallèle *(fig. X, pl. 5)*; ils pesaient 13 kilog. le mètre courant et avaient $4^m,60$ de longueur. La surface de roulage était courbe; son rayon était de $0^m,068$. Le nombre des portées était, dans l'origine, de quatre; on l'éleva plus tard à cinq. La pose était faite presque entièrement sur dés ayant seulement $0^m,30$ de côté. Cette

dimension ayant promptement été reconnue trop faible, on employa de nouveaux dés ayant $0^m,36$ de surface, soit $0^m,60$ sur $0^m,60$, et dont l'épaisseur fut fixée de $0^m,25$ à $0^m,30$.

Le rail simple T fut remplacé en 1836 par le rail d'uniforme épaisseur ayant $0^m,085$ de hauteur, et pesant 26 kilog. le mètre courant. Peu de temps après son adoption, on augmenta sa hauteur de $0^m,008$, et le poids en fut porté à 30 kilog. le mètre courant. Tel est le rail représenté par la fig. I, pl. 5, et dont la forme est due à M. Léon Coste, alors directeur du chemin de fer de Saint-Etienne.

La longueur de ce rail est de $4^m,60$. Les portées étaient au nombre de quatre, dont deux, celles près les joints, avaient $1^m,05$, et les deux autres $1^m,25$.

Le poids des machines ayant été considérablement augmenté, le conseil d'administration du chemin de fer décida, en 1847, que le nombre des portées serait fixé à cinq. Leurs dimensions ont été arrêtées à $0^m,80$ pour les portées près les joints, et $1^m,00$ pour les autres. Ce rail était fixé sur des dés, à l'exception cependant d'une longueur de 3 ou 4 kilomètres, où des traverses furent employées.

En 1841, on commença à employer le rail double T (*fig. XVIII, pl.* 6), dont la hauteur est de $0^m,115$, et le poids de 30 kilog.

L'expérience nous ayant démontré que le champignon ne présentait pas assez de résistance, nous proposâmes d'en réduire la largeur et d'employer le fer qui en proviendrait, soit à augmenter la hauteur de la tige, soit à renforcer le congé qui unit la tige au champignon; nous arrivâmes ainsi à la forme indiquée par la

fig. XIX, pl. 6. Cette proposition fut acceptée par l'administration, et depuis le commencement de 1846, nous n'employons plus d'autre forme.

Ce rail pèse 30 kilog. le mètre courant; sa longueur, de $4^m,60$, est divisée en cinq portées, et repose sur des dés et des traverses; ces dernières sont placées aux joints. La pose étant faite de manière que les joints des deux branches de la voie ne se correspondent pas; chaque traverse se trouve d'un côté sous un joint, et de l'autre sous un chair intermédiaire. Cette disposition est indiquée par la fig. XIII, pl. 13. Jusqu'à présent, elle nous a paru réunir une très grande solidité à une économie assez forte dans le prix de revient et dans l'entretien (*).

M. Lechatellier (**) manifeste la crainte qu'en croisant les joints des rails, on ne facilite le mouvement de lacet. L'expérience de plusieurs années nous permet d'affirmer que cette crainte n'est point fondée. Ainsi, le mouvement de lacet n'existe pas sur le chemin de Saint-Etienne, où, comme nous venons de le dire, tous les joints sont croisés.

Pour le rail simple T, on a d'abord employé des chairs pesant seulement 3 kilog., et dont nous donnons, fig. II et VI, pl. 9, le plan et l'élévation.

L'épaisseur sous le rail était seulement de $0^m,025$; l'expérience démontra bientôt que cette quantité était trop faible, et, en 1833, on la porta à $0^m,03$; le poids du chair fut alors de $3^k,75$. Le chair de joint pesa environ 5 kilog. Les joues de ce chair sont beaucoup trop

(*) Voir la Note sur les dés et les traverses.

(**) *Chemins de fer d'Allemagne*, page 179.

basses; le rail ne se trouve pas suffisamment maintenu dans le sens transversal.

Pour le rail d'uniforme épaisseur, les chairs intermédiaires ont la forme indiquée par les fig. I et V, pl. 9; leur poids est de $6^k,50$. Les chairs de joint ont $0^m,03$ de plus en largeur; leur poids est de 8 kilog.

Cette forme de chair présente le grave inconvénient de ne maintenir ni le rail ni le coin dans le sens vertical.

Comme nous l'avons expliqué plus haut, le rail double T repose à la fois sur des dés et sur des traverses. Il y a, en conséquence, trois espèces de chairs dont voici les dimensions et le poids, savoir :

1° *Chairs de dés.*

Longueur, $0^m,275$— largeur, $0^m,09$ — poids, $10^k,50$

2° *Chairs de traverses.*

» $0^m,26$ — » $0^m,09$ — » $10^k,00$

3° *Chairs de joint.*

» $0^m,26$ — » $0^m,12$ — » $12^k,50$

Les chairs de joint se trouvent toujours placés sur les traverses. Nous donnons, fig. XVI, pl. 10, le plan, et fig. XII, l'élévation d'un chair de traverse.

Si l'on compare ce chair à ceux des autres chemins, on remarquera qu'il a l'avantage d'avoir la joue extérieure beaucoup plus haute et accompagnant, par conséquent, le rail sur une plus grande hauteur.

Comme les rails glissent, ainsi que les coins, dans le sens de la marche des convois, nous avons employé deux espèces de chairs. Les uns sont destinés à la branche de droite, et les autres à la branche de gauche, de manière à pouvoir enfoncer tous les coins dans le sens de la vitesse des convois. Si nous n'avions pas pris cette pré-

caution, nous aurions eu les coins de droite placés dans une direction, et ceux de gauche dans la direction inverse; par conséquent, nous en aurions eu la moitié qui aurait été exposée à être rapidement déplacée. *(Note F)*.

Les coins sont en chêne; ceux du rail simple T avaient $0^m,12$ de longueur sur $0^m,03$ de hauteur, et une épaisseur de $0^m,023$ à une extrémité, et de $0^m,014$ à l'autre.

Pour les rails d'uniforme épaisseur, les coins ont $0^m,17$ de longueur sur $0^m,04$ de hauteur et $0^m,03$ d'épaisseur au gros bout, et $0^m,022$ à l'autre.

Les coins du rail double T avaient primitivement, pour les chairs intermédiaires, $0^m,16$ de longueur sur $0^m,062$ de hauteur, et une épaisseur de $0^m,052$ à une extrémité et $0^m,038$ à l'autre; pour les chairs de joint, la longueur était de $0^m,20$. Ces deux longueurs, $0^m,16$ et $0^m,20$, ayant été reconnues insuffisantes, surtout lorsque le bois n'était pas parfaitement sec, nous les avons portées à $0^m,20$ et $0^m,25$. Ces nouvelles dimensions, employées depuis cinq ans, nous paraissent très convenables.

Tous les coins sont placés du côté de l'intérieur de la voie; dans l'origine, ils étaient à l'extérieur. L'expérience de plusieurs années nous a démontré de la manière la plus évidente, combien la première position était plus avantageuse *(note F)*.

Sur les traverses, les chairs des rails simple T et d'uniforme épaisseur, étaient fixés au moyen de chevilles en bois. Pour le rail double T, nous avons employé les chevilles en fer comme présentant plus de sécurité. Ces chevilles en fer ont près de la tête $0^m,02$ de diamètre, et

à l'extrémité inférieure $0^m,017$; leur longueur est de $0^m,16$ non compris la tête.

Pour fixer les chairs sur les dés, on fait usage de chevilles en bois ayant $0^m,12$ de longueur, et dont les diamètres sont, à la tête, $0^m,034$, et à l'extrémité inférieure, $0^m,025$. La surface de ces chevilles est celle d'une pyramide tronquée, et non celle d'un cône, comme cela a lieu au chemin de Douvres à Londres. Elles pénètrent dans les dés, sur environ $0^m,08$ de longueur.

Les traverses ont $0^m,25$ sur $0^m,15$. Quant à leur longueur, elle était de $2^m,00$ seulement. Cette quantité ayant été reconnue trop faible, nous l'avons portée à $2^m,40$.

Les traverses sont baignées dans une dissolution de sulfate de cuivre, suivant le procédé employé par M. Margary au chemin de fer de Rouen. Jusqu'à présent, nous considérons cette opération comme avantageuse.

Depuis quatre années, nous essayons de substituer le peuplier au chêne employé pour les traverses; jusqu'à présent, cet essai a parfaitement réussi; le peuplier a été préalablement soumis au procédé de M. Margary. Cette opération paraît préserver le peuplier de toute espèce de décomposition, bien qu'un certain nombre de ces traverses se trouve placé dans un terrain constamment humide, et, par conséquent, dans les plus mauvaises conditions.

Si, comme cela paraît le plus probable, cet essai réussit complètement, il nous sera facile, vu la rapidité avec laquelle croissent les peupliers, d'obtenir, au moyen de plantations faites le long des talus du chemin de fer, la quantité de bois nécessaire à l'entretien

des traverses. On conçoit combien un tel résultat doit influer sur les frais d'entretien de la voie.

La fig. X, pl. 13, représente la coupe d'un rail en acier fondu, essayé sur le chemin de Saint-Etienne. Ce rail avait été fabriqué chez MM. Jackson, dans l'usine d'Assailly, et d'après les indications de M. Bergeron, ingénieur civil.

Il pesait en moyenne 11 kilog. le mètre courant. Par suite d'un malentendu de la part de l'ouvrier chargé de la pose, ces rails, au lieu d'être appliqués dans toute leur longueur sur des longrines, se trouvaient supportés par des calles en fer espacées de $0^m,54$, et dont les dimensions étaient $0^m,07$ de largeur, $0^m,12$ de longueur et $0^m,03$ d'épaisseur.

Les rails étaient fixés aux longrines, par des boulons dont la tête remplissait le vide inférieur du rail, et dont l'écrou était sous les longrines. Cette disposition était des plus vicieuses; aussi chaque passage de waggons faisait-il sensiblement plier le rail. Néanmoins, au bout de deux années, aucune déformation ne s'était manifestée. Nous ne pensons pas qu'il en eût été de même pour des rails en fer placés dans d'aussi mauvaises conditions.

Le chemin de Saint-Etienne a été entièrement livré au public en 1832.

CHEMIN DE FER DE SAINT-ÉTIENNE A LA LOIRE.

Ce chemin de fer est le premier construit en France; il a été livré au public en avril 1828.

Dans l'origine, les rails étaient en fonte; ils avaient à peu près la forme de ceux représentés par la fig. II,

pl. 3. La longueur de chacun d'eux était de 1m,32. Chaque recouvrement pour former le joint dans les chairs, était de 0m,065; par conséquent, la partie comprise entre les chairs était de 1m,19. La plus grande hauteur était de 0m,185, et la plus faible 0m,10. Ces rails pesaient 22k,50.

Les chairs pesaient 3 kilog. ; ils étaient fixés sur des dés ayant 0m,40 sur 0m,40 et 0m,33.

Les chevilles étaient en bois, et lorsqu'elles étaient mises en place, on y enfonçait un clou dont la tête était suffisamment large pour recouvrir celle de la cheville.

Ce rail a été remplacé sur quelques kilomètres par un rail simple T, de 13 kilog. le mètre, et entièrement semblable à celui du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon *(fig. X, pl. 5)*. Mais en 1837, ces deux espèces de rails ont été remplacés par un rail simple T, pesant 18 kilog. le mètre courant, et ayant les dimensions suivantes :

Hauteur totale.	0m,090
Largeur du champignon	0m,050
Largeur du bourrelet inférieur	0m,026
Epaisseur de la tige	0m,017

La courbe qui forme la surface supérieure du champignon a 0m,13 de rayon.

Le chair pèse 6 kilog. Dans l'origine, il était fixé sur des dés, mais depuis que l'on a fait usage des locomotives, on a été obligé, vu le faible rayon des courbes du chemin, et la multiplicité des joints, de remplacer les dés par les traverses qui ne sont espacées que de 0m,50 à 0m,60. Ces traverses ont de 2m,15 à 2m,30 de longueur; leur équarrissage est irrégulier; il varie de 0m,20 à 0m,33 pour la largeur, et de 0m,20 à 0m,10 pour la hauteur.

Les coins sont placés à l'intérieur de la voie, et les chevilles sont toutes en chêne.

CHEMIN DE FER DE STRASBOURG A BALE.

Ce chemin a été livré à la circulation le 19 septembre 1841.

Les rails (*fig. VII, pl.* 6) ont $4^m,50$ de longueur; leur poids est de 25 kilog. par mètre courant; leur surface de roulage est plane; ils reposent sur des traverses dont les dimensions et l'écartement sont les mêmes que pour le chemin de fer de Mulhouse à Thann (*page* 360).

Les chairs de joint pèsent 11 kilog. et les autres $8^k,50$; ces derniers ont $0^m,240$ de longueur sur $0^m,110$ de largeur ; l'épaisseur au plafond est de $0^m,05$. Ils sont posés et maintenus sur les traverses, comme ceux du chemin de Mulhouse à Thann (*page* 360). Ainsi, la surface supérieure du rail présente une inclinaison de $\frac{1}{20}$, égale à celle des jantes des roues.

Les coins ont en moyenne $0^m,050$ de grosseur ; ils sont comprimés à la vapeur. Dans l'origine, leur longueur était de $0^m,14$; elle est maintenant de $0^m,25$, et l'on a donné aux coins une conicité de 5 millimètres.

Les coins sont placés en dehors de la voie.

CHEMIN DE FER DE TOURS A NANTES.

La coupe du rail est représentée par la fig. V, pl. 7; il pèse 34 kilog. le mètre courant; sa longueur est de $5^m,00$; un vingtième des rails n'a que $4^m,00$ de longueur.

La surface supérieure des champignons est légère-

ment bombée; son contour est composé d'un arc de cercle de $0^m,16$ de rayon, et de deux petits arcs ayant chacun $0^m,009$ de rayon.

L'axe du rail est incliné de $\frac{1}{20}$ par rapport à la verticale. Les chairs de joint pèsent $13^k,50$ et les autres 10 kilog. Les traverses ont $2^m,75$ sur $0^m,28$ et $0^m,16$; elles sont placées à $1^m,00$ de distance d'axe en axe. Pour les préserver de la pourriture, on les a soumises au procédé Burnet (*).

La dernière section de ce chemin, comprise entre Angers et Nantes, a été livrée au public le 17 août 1851.

Le long du quai de Nantes, on a placé une voie qui forme le prolongement du chemin de Tours à Nantes, et dont les rails sont en U renversé, pesant 24 kilog. le mètre courant. Ils ont une hauteur de $0^m,07$, une largeur de $0^m,135$ à la base inférieure, et une largeur de $0^m,06$ au sommet. Ils reposent sur des longrines de sapin goudronné, ayant $0^m,23$ sur $0^m,13$, et dont l'écartement est maintenu par des tringles en fer, dont chaque extrémité forme un talon qui pénètre dans l'intérieur du rail.

Ce système fort simple a l'avantage de permettre la pose d'un pavé entre les rails. Ces tringles sont espacées de $2^m,50$.

Les rails sont fixés sur les longrines, au moyen de vis espacées d'environ $1^m,10$, et, pour maintenir leurs extrémités, on a placé à chaque joint un coin en bois comprimé, qui remplit complètement le vide ou intérieur des deux rails contigus. Ce coin a environ $0^m,20$ de longueur.

(*) Voir la description de ce procédé, Note H.

Nous donnons, fig. II, pl. 6, la coupe du rail; son poids est de 30 kilog. le mètre courant; sa longueur est de $4^m,50$.

Ce rail présente, selon nous, le grave inconvénient de ne pouvoir être retourné, et, à poids égal, d'avoir moins de résistance que le rail double T, tels que ceux d'Orléans et de Saint-Germain (*). L'axe du rail est vertical, et la surface supérieure du champignon est plane.

Les chairs intermédiaires pèsent $9^k,60$. Nous donnons, fig. XVI, pl. 9, le plan de l'un de ces chairs, et fig. XII, la coupe suivant la ligne AB du plan.

Les chairs de joint ne diffèrent des autres que par leur largeur qui est portée à $0^m,156$, au lieu de $0^m,118$; leur poids est de 12 kilog.; les traverses ont $2^m,20$ à $2^m,40$ de longueur, sur $0^m,15$ à $0^m,20$ d'épaisseur, et une largeur de $0^m,20$ à $0^m,35$; elles sont posées à $1^m,12$ de distance.

Dans le cahier des charges, pour la fourniture des traverses, on avait stipulé qu'un quart au moins de ces traverses devait avoir $0^m,30$ de largeur, afin de pouvoir être placées sous les joints. Toutes les chevilles sont en fer.

Les coins ont $0^m,23$ de longueur sur une hauteur de $0^m,07$, et une épaisseur moyenne de $0^m,033$. Ils sont placés en dehors de la voie. Comme les joues du chair ne sont pas parallèles, les coins sont posés, la moitié dans un sens et l'autre moitié dans le sens inverse, disposition très fâcheuse, comme nous l'avons déjà fait obser-

(*) Voir Note *D*.

ver, puisque les coins et les rails glissent dans le sens de la marche des convois.

Ce chemin a été inauguré le 8 septembre 1840.

CHEMIN DE FER DE VERSAILLES (RIVE DROITE).

Le rail et les chairs sont les mêmes que pour le chemin de Saint-Germain *(page* 370).

L'ouverture de ce chemin a eu lieu le 2 août 1839.

---

§ VI. — CHEMINS DE FER DE HOLLANDE.

Principaux Chemins de fer.

Le principal chemin de fer en activité en Hollande, est celui de la Haye à Amsterdam.

La première section de ce chemin, s'étendant d'Amsterdam à Harlem, est livrée à la circulation depuis le 20 septembre 1839; la seconde section jusqu'à Leyde, a été entièrement ouverte au public le 17 août 1842.

Largeur de la voie.

Le Gouvernemeut a fixé la largeur de la voie à $1^m,95$ mesurée entre les faces intérieures des rails.

Cette différence de largeur entre la voie hollandaise et celle des chemins de France, parait être motivée par le peu de résistance que présente le sol en général.

Forme et poids du rail.

Le rail a la forme de l'U renversé; nous en donnons une coupe, fig. XI, pl. 8; il pèse 30 kilog. le mètre courant.

Dimension des longrines et traverses.

Il est fixé sur des longrines en sapin, ayant $10^m,00$ de longueur sur $0^m,28$ de largeur, et $0^m,15$ d'épaisseur.

Les longrines sont maintenues sur les traverses, de la même manière que les barres de fer plat employées comme rails, pour les petits chemins de fer établis dans

l'intérieur des mines. Ainsi, elles sont placées dans une entaille pratiquée dans les traverses, et elles y sont arrêtées au moyen d'un coin en bois ayant $0^m,37$ de longueur.

Les traverses sont posées à la distance de $1^m,00$ d'axe en axe.

Sur le chemin de fer d'Amsterdam à Leyde, les rails sont fixés aux longrines par des vis de $0^m,17$ de longueur sur $0^m,015$ de diamètre, et espacées de $0^m,82$. Pour les joints, on a adopté le système indiqué par les fig. XIII, XVIII et XX, pl. 12. *Moyens employés pour fixer le rail aux longrines*

La fig. XX représente la moitié du plan d'un joint; la fig. XVIII, l'élévation d'un joint dont l'un des rails est enlevé, et la fig. XIII, la coupe prise suivant la ligne AB.

Cet assemblage a été seulement employé entre Harlem et Leyde. On s'était contenté dans la première section, c'est-à-dire entre Amsterdam et Harlem, de fixer, au moyen de goujons, les rebords des rails sur les longrines, sans prendre d'autre précaution pour le maintien des joints. Il est facile, lorsqu'on parcourt les deux sections, de reconnaître combien est avantageux à la circulation des trains le mode d'assemblage adopté entre Harlem et Leyde.

La longueur des chemins de fer en activité au 1er janvier 1849, était de de 246 kilomètres. *Longueur des Chemins de fer Hollandais.*

§ VII. — CHEMINS DE FER D'ITALIE.

A la fin de 1848, l'Italie possédait 283 kilomètres de voies ferrées en activité.

Le chemin de fer de Naples à Nocera et à Castellamare, est le seul sur lequel nous puissions donner quelques renseignements ; ils sont extraits du rapport fait à l'assemblée générale des actionnaires, le 2 septembre 1839.

Le rail pèse 25 kilog. le mètre ; sa longueur normale est de $5^m,00$. Les chairs pèsent 9 kilog. ; nous donnons, fig. I et V, pl. 10, le plan et une coupe de l'un d'eux.

Dans les tranchées, les chairs reposent sur des traverses en chêne, qui ont $2^m,50$ de longueur sur $0^m,16$ et $0^m,32$; dans les parties en déblais, on a remplacé les traverses par des dés en lave du Vésuve ; ils ont $0^m,60$ sur $0^m,60$ et $0^m,30$ d'épaisseur.

Ce chemin de fer a dû être ouvert au public en 1840.

---

§ VIII. — CHEMINS DE FER DU PIÉMONT.

Quantité de Chemins de fer en activité ou en construction.

En mars 1851, on comptait en Piémont 124 kilomètres de chemins de fer en activité, et 244 kilomètres en cours d'exécution. Sur cette dernière quantité, 147 kilomètres sont exécutés par l'Etat, et 97 par des compagnies.

Largeur de la voie.

Tous les chemins de fer du Piémont ont la même largeur de voie que ceux de France, c'est-à-dire $1^m,44$ entre les rails.

Les rails ont tous la forme d'un double T parallèle avec champignons de force inégale, comme l'indique la fig. X, pl. 10. Ces rails pèsent 34 kilog. le mètre courant; ils ont $4^{m},50$ de longueur; leur hauteur totale est de $0^{m},128$, et leur épaisseur à la tige est de $0^{m},0184$. Le champignon supérieur a $0^{m},064$ de largeur, et le champignon inférieur $0^{m},053$. Forme et poids des rails.

L'axe du rail est vertical.

Les chairs de joint pèsent $13^{k},80$; ils ont $0^{m},26$ sur $0^{m},14$. Les chairs intermédiaires ont en largeur $0^{m},03$ de moins; ils pèsent $10^{k},70$. Nous donnons, fig. X, pl. 10, la coupe, et fig. XIV, le plan d'un chair intermédiaire. Chaque rail est supporté par deux chairs de joint et quatre chairs intermédiaires. Chairs.

Les chairs sont maintenus par des chevilles en fer de $0^{m},019$ de diamètre, et qui ont $0^{m},165$ de long pour les chairs de joint, et $0^{m},155$ pour les chairs intermédiaires; les premières pèsent $0^{k},40$, et les autres $0^{k},37$; elles sont cylindriques. Chevilles.

Les traverses sont en chêne et en melèze; elles n'ont été soumises à aucune préparation chimique. Elles ont $2^{m},70$ sur $0^{m},35$ et $0^{m},17$. Les traverses destinées aux joints sont équaries; les autres sont demi-cylindriques. Traverses.

§ IX. — CHEMINS DE FER DE RUSSIE.

Nous manquons de documents sur les chemins de fer de Russie; nous ne pouvons que donner, d'après M. Perdonnet, la coupe du rail employé sur le chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Pavlovsk, fig. XXI, pl. 6. Ce rail pèse 33 kilog. le mètre courant. La largeur de la voie a été fixée à $1^m,83$, mesurée entre les rails.

NOTE *C.*

DE LA DURÉE DES RAILS.

Dans les différents ouvrages où l'on s'est occupé de rechercher quelle pourrait être la durée des rails en fer malléable, on s'est borné à prendre pour base l'usure proprement dite. Ainsi, M. Barlow *(page* 38), admettant, d'après M. Georges Bidder, que la réduction de hauteur, produite en un an sur les rails du chemin de Liverpool, est de $\frac{1}{90}$ de pouce ($0^{m},00028$), en conclut que la durée des rails serait *seulement de trente années.* Des causes de la mise hors de service.

M. Wood *(page* 204) donne aux rails une durée encore plus grande; il base son évaluation sur la réduction de poids du rail.

MM. Perdonnet et Polonceau, dans leur excellent ouvrage intitulé: *le Portefeuille de l'Ingénieur,* à l'article *Usure des rails*, ne parlent que de la diminution de hauteur produite par le passage des roues de waggons; et cependant, on pourrait dire avec juste raison, que les *rails ne s'usent pas, mais qu'ils se déforment.* En effet, en général on est obligé de remplacer les rails, non parce qu'ils ont perdu une certaine quantité de leur poids, mais parce qu'ils se sont rompus sous le passage des convois, et surtout parce que leur surface de roulage ayant éprouvé des déformations, ne permet

plus d'y faire circuler sans danger les roues des waggons. Ainsi, pour arriver, soit à évaluer d'une manière exacte la durée probable des rails, soit à diminuer les frais d'entretien de la voie d'un railway, il est très important de faire une distinction entre ces trois causes de la mise hors de service : l'*usure*, la *rupture* et la *déformation*, et de rechercher leur origine, ainsi que les moyens de les prévenir.

Tel est le but que nous nous sommes proposé dans les observations suivantes. Elles sont indépendantes de la forme du rail. Dans la note *D*, nous examinerons quelle peut être l'influence des dimensions et de la forme sur la durée des rails.

De l'usure proprement dite.

Pour un rail dont le fer est, d'ailleurs, d'une qualité convenable, et qui ne présente pas de défauts de fabrication, l'usure principale est produite par le frottement des jantes, et par le rebord ou boudin des roues; par conséquent, elle a lieu sur la surface supérieure du rail, et sur sa surface latérale placée du côté de l'axe de la voie.

Effets de l'oxidation sur les rails.

Dans un rapport présenté en 1832, à l'assemblée générale des actionnaires du chemin de fer de la Loire, on trouve le passage suivant :

« On craignait que les rails, sans cesse exposés à l'hu-
» midité, et si voisins du sol, ne fussent promptement
» détériorés par l'effet de la rouille; mais il a été fait à
» cet égard une observation singulière. Tant que les
» rails sont emmagasinés ou couchés sur la terre, ils
» s'oxident effectivement beaucoup, et c'est un genre de
» destruction dont on cherche à les préserver le plus
» possible; mais aussitôt qu'ils sont posés et mis en rap-
» port les uns avec les autres, il n'y a plus rien à crain-

» dre, non-seulement pour la surface exposée fréquemment au frottement des roues, mais encore pour les côtés, et même les parties qui touchent à terre. C'est ce que nous avons observé sur toute la ligne du chemin de fer.

» A quelle cause est-on redevable de cet avantage? Nous ne saurions le préciser d'une manière absolue. Ce qui est certain, c'est qu'indépendamment de l'ébranlement, ou si l'on veut du frémissement communiqué aux rails lors du passage des chariots, il s'établit sur toute la ligne un courant magnétique prononcé. En effet, il existe toujours, à la jonction des rails entre eux, un intervalle de 2 millimètres, pour permettre leur dilatation par la chaleur. Or, si l'on jette de la limaille de fer au-dessus de cet intervalle, les parcelles de limaille restent suspendues au niveau de la surface des rails, et s'agglomérant les unes aux autres, ne tardent pas à réunir les deux rails entre eux. Si l'on pose de la limaille sur une feuille de papier au-dessus des rails, cette limaille s'agitant d'elle-même, se dispose en ligne dans la direction même du rail.

» Une influence protectrice préserve donc les rails contre les ravages de l'oxidation, et ce fait important sera, pour les chemins de fer, d'un immense avantage. »

Nous ne partageons pas entièrement l'opinion précédente; nous pensons que si l'oxidation a peu d'effet sur les rails, on doit l'attribuer, non aux courants magnétiques dont la présence est réelle (*), mais aux vibrations produites par le passage des convois.

(*) On a remarqué en Allemagne, que les rails placés dans la di-

En effet, nous voyons tous les jours l'oxidation exister sur des rails formant des voies accessoires sur lesquelles passent rarement des convois; et cependant ces voies se trouvent, quant aux courants magnétiques, dans les mêmes conditions que les voies principales, puisqu'elles communiquent avec ces dernières par chacune de leurs extrémités. En outre, nous avons souvent remarqué que, si un jour de fête, où le nombre des convois se trouve réduit à trois ou quatre, il vient à pleuvoir, l'oxidation se manifeste sur les rails, entre le passage des convois. Dans tous les cas, l'usure produite par l'oxidation est de très peu d'importance, et nous ne pensons pas qu'on doive sérieusement s'en occuper.

Usure de la surface supérieure des rails.

L'usure de la surface supérieure des rails est en général très faible; elle dépend de l'état des jantes, de la nature du métal dont les jantes sont composées, du poids des waggons et des locomotives, de la manière dont les waggons et les locomotives sont suspendus sur les essieux, de la vitesse des convois, et enfin, de la quantité de marchandises transportées.

Influence de l'état des jantes.

On comprend que la nature des jantes doit influer considérablement sur l'usure des rails. En effet, il est évident qu'un rail sera beaucoup plus rapidement usé par des jantes en fonte trempée, que par des jantes en fer malléable; et cette usure sera encore plus considé-

---

rection du méridien magnétique, acquéraient des propriétés magnétiques, seulement lorsque la voie était double et que le parcours se faisait toujours dans le même sens; cette puissance magnétique devient quelque fois si grande, qu'elle a une influence sur le mouvement de rotation des roues. (*Notice sur les chemins de fer allemands, par M. Baumgarten.*)

rable si la surface des jantes en fonte, au lieu d'être parfaitement unie, présente des aspérités ou des fissures provenant du coulage dans une coquille en mauvais état. Il en est de même lorsque, usée inégalement, la surface de la jante se trouve composée de parties planes. Ce dernier effet a lieu également pour les roues en fer. Dans cet état, la roue produit sur les rails une suite de chocs semblables à des coups de marteau, et alors, non-seulement elle use rapidement le rail, mais encore elle l'expose à la rupture, en le rendant beaucoup plus cassant.

Ainsi, nous avons reconnu qu'au bout d'un certain nombre d'années de service, la nature des rails était complètement changée. La cassure du fer ne présentait plus que de larges facettes. Les rails avaient perdu une grande partie de leur élasticité, et, par conséquent, n'offraient plus qu'une faible résistance aux chocs produits par les jantes des roues des locomotives.

A l'appui de notre observation, nour rappellerons encore les expériences citées par M. Barlow *(page* 86), et d'après lesquelles il a reconnu que la flexion résultant du passage d'une locomotive, devenait double sous la charge d'un waggon éprouvant des secousses par suite du mauvais état de ses roues.

M. Clareke, dans son rapport au conseil d'administration du chemin de fer d'Orléans *(page* 38), attribue la plupart des chocs qu'on éprouve dans les voitures, au défaut de centrage des roues.

« Ce défaut, suivant cet habile ingénieur, doit résul-
» ter en grande partie de l'usure inégale des bandages
» produite par les freins. En effet, l'action du frein est
» une puissante cause de cette irrégularité. Dès que la

» plus légère partie de la roue sur laquelle il s'exerce,
» est altérée, c'est là que l'action du frein agit plus
» énergiquement; la roue s'use alors toujours dans les
» mêmes points et cesse d'être ronde; aussi peut-on re-
» marquer que les voitures munies de freins sont plus
» fatigantes que les autres, et prennent parfois un mou-
» vement de galop presque insupportable. »

Des observations précédentes, il résulte évidemment qu'il est de la plus grande importance pour la durée des rails, que les jantes des roues soient toujours en parfait état.

Du poids des véhicules.

L'usure est évidemment proportionnelle au poids des véhicules, puisqu'elle résulte du frottement de leurs roues; mais il n'en serait pas ainsi dans le cas où le rail n'ayant pas une hauteur convenable, fléchirait à chaque passage de roues; l'usure serait alors beaucoup plus considérable.

De la suspension des véhicules.

L'état de la suspension des véhicules sur les essieux, influe beaucoup sur l'usure du rail. En effet, il en est des rails comme des routes ordinaires; or, il résulte des expériences faites à ce sujet par M. Morin, que les voitures non suspendues allant au pas, fatiguent et détériorent davantage les routes, que les voitures suspendues allant au trot, et comme il en serait de même *à fortiori*, pour les voitures non suspendues allant au trot, M. Morin en conclut que, sous le rapport de la conservation des routes, on peut permettre aux voitures de messageries suspendues, des chargements égaux à ceux du roulage, et qu'on doit interdire tout service de voitures non suspendues allant au trot (*).

(*) Séance de l'Académie, du 12 novembre 1838.

Nous rappellerons encore ce passage de M. Wood (*page* 250) :

« Lorsque les voitures sont montées sur des ressorts » qui amortissent les chocs provenant des inégalités ou » du manque de parallélisme de la voie, on peut sup» poser toute la charge répartie également sur les quatre » roues. Mais, avec des voitures sans ressorts, il arrive » souvent que la charge se trouve supportée par deux » roues seulement. »

De la vitesse des convois.

M. Barlow a trouvé (*page* 86) qu'un rail en bon état, sous une locomotive marchant à grande vitesse, fléchit d'une quantité quelque peu supérieure à celle due à une charge en repos, égale à la moitié du poids sur les deux roues.

Malheureusement, dans les expériences faites par M. Barlow, la vitesse n'a été au maximum que de 12 milles à l'heure, quantité de beaucoup inférieure à celle employée maintenant sur tous les railways. Ainsi, nous pouvons considérer comme un minimum, l'augmentation de flèche trouvée par M. Barlow.

Une commission d'enquête a fait dernièrement, à l'arsenal de Portsmouth, de nombreuses expériences ayant pour objet d'étudier l'influence de la vitesse de la charge. Voici les résultats généraux de ces recherches :

1° La flexion produite par un poids voyageur, est plus grande que la flèche correspondant au même poids placé au milieu de la barre.

2° Cette flexion croît avec la vitesse ; le point d'abaissement maximum n'est pas au milieu ; il est reporté vers l'extrémtié d'aval, et s'en rapproche d'autant plus que la vitesse est plus grande.

3° Le poids nécessaire pour produire la rupture, di-

minue à mesure que la vitesse croît; pour de grandes vitesses, il n'est plus qu'une faible fraction de la charge statique de rupture.

4° La rupture ne s'opère plus au milieu; il y a, d'ailleurs, souvent trois ou quatre ruptures simultanées.

Ainsi, la vitesse augmente la flexion des rails, et par conséquent leur usure.

A l'appui de cette opinion, nous citerons le passage suivant de l'ouvrage de M. Minard (*).

« Les rails, les chairs et les stones forment un en-
» semble dont l'élasticité est démontrée par les oscilla-
» tions verticales qu'on observe au passage des trains.
» On peut les attribuer en partie à l'élasticité du ter-
» rain; mais en somme, ces oscillations sont très fortes
» sur la terre, les remblais et les traverses en bois; elles
» sont produites par l'action successive des roues sur
» les rails, qui, après avoir fléchi, reviennent à leur
» première position. On conçoit que, selon le temps
» que les parties abaissées mettent à se relever, l'arrivée
» d'une nouvelle masse sur elles peut coïncider avec le
» commencement ou le maximum de la vitesse ascen-
» dante. Dans le premier cas, la roue descend dans la
» concavité du rail qui fléchit davantage, et la courbure
» augmente à chaque waggon; dans le second, il y a se-
» cousse violente entre le rail et le waggon, qui se pres-
» sent en sens contraire.

» L'effet est analogue à ce qui a lieu quand on mar-
» che sur un madrier posé en travers d'un large fossé;
» si l'on règle son pas sur les balancements du madrier,
» on éprouve peu de secousses, et le madrier plie de

(*) Leçons à l'Ecole des Ponts et Chaussées, page 63.

» plus en plus; s'il n'y a point accord entre les pas et
» les oscillations, on ressent une violente réaction.

» Ainsi, dans les transports sur les railways élastiques, si les roues mettent moins de temps à se succéder que les rails n'en mettent à se relever, les effets destructeurs dont nous venons de parler, auront lieu et se reproduiront d'autant plus, que la vitesse des waggons sera grande. »

Tonnage transporté.

Evidemment, on peut considérer l'usure due au transport, comme proportionnelle au tonnage. Nous verrons plus loin que cette proportion n'existe pas lorsqu'il s'agit de la déformation du rail.

Emploi des freins.

Parmi les causes d'usure, on peut considérer comme l'une des plus puissantes, la manœuvre inintelligente des freins destinés à modérer la vitesse des convois. En effet, si le conducteur d'un waggon laisse quelque temps le frein entièrement fermé, les roues, ne pouvant plus tourner, seront obligées de glisser sur les rails, et alors elles en lamineront la surface supérieure et en détermineront une usure notable. Cet effet est surtout remarquable à la descente des plans inclinés, où l'on se trouve obligé de ralentir de temps en temps la marche du convoi.

De l'usure dans les parties courbes.

Dans les parties où le chemin de fer forme une courbe, les rails sont plus usés que sur les parties en ligne droite. Ce résultat est facile à expliquer. Lorsqu'un waggon circule sur une courbe, il tend constamment à suivre la tengente, et il prendrait évidemment cette direction, si les roues n'étaient à chaque instant ramenées sur les rails par leur boudin ou rebord; il en résulte un mouvement transversal qui doit nécessairement produire une augmentation d'usure. Nous ferons en outre obser-

ver que les roues d'un même essieu, étant fixées de manière à avoir toutes les deux la même marche, il arrive qu'au passage d'une courbe, la roue extérieure ayant à faire un plus grand parcours que la roue intérieure, se trouve obligée de glisser, et, par conséquent, de faire éprouver au rail extérieur une augmentation d'usure.

Il est donc très important, sous le rapport de la durée des rails, de donner aux courbes le plus grand rayon possible.

Evaluation de l'usure des rails.

Nous ne pensons pas qu'on ait donné jusqu'à présent les documents nécessaires pour évaluer exactement l'usure des rails. M. Barlow *(page* 38) cite bien les expériences faites par MM. Georges Bidder et Dixon, sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, et d'après lesquelles la réduction de hauteur des rails par le frottement, serait de $\frac{1}{90}$ de pouce ($0^m,00028$) par année; mais comme il ne fait connaître ni la quantité de tonnes transportées, ni le poids des véhicules, ce document nous paraît être tout-à-fait insuffisant.

Il en est de même de celui donné par MM. Perdonnet et Polonceau (*), et d'après lequel l'usure annuelle sur le chemin de fer de Mulhouse à Thann, se trouverait être précisément la même que celle des rails de Liverpool à Manchester; et cependant, sur ce dernier chemin, les transports de marchandises et de voyageurs sont infiniment plus considérables que sur le chemin de Mulhouse. Aussi considérons-nous comme un pur effet du hasard, cette concordance singulière entre les chiffres trouvés par MM. Bidder et Polonceau. Cet avis est, du reste, partagé par M. Perdonnet.

(*) *Portefeuille de l'Ingénieur*, page 157.

M. Wood *(page* 203) a trouvé que sur le railway de Stockton à Darlington, l'usure était de $\frac{1}{10}$ de livre par yard et par année, pour un transport de 85,000 tonnes, non compris les locomotives et les waggons vides. Plus loin, il cite une expérience de *vingt-un mois seulement,* faite sur le railway de Liverpool, et d'après laquelle des rails avaient perdu $\frac{1}{268}$ de leur poids primitif pour un transport de 600,000 tonnes; d'où il conclut qu'il faudrait plus de *cent années pour réduire ces rails à la moitié de leur force primitive.* De telles conclusions démontrent de la manière la plus évidente, combien l'expérience était insuffisante.

Ayant eu occasion de faire remplacer une assez grande quantité de rails sur le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, nous en avons examiné avec soin un certain nombre, et nous avons consigné nos observations dans les tableaux suivants. Ces documents pourront mettre à même de résoudre d'une manière satisfaisante, la question de l'usure des rails.

État des rails d'uniforme épaisseur, posés en décembre 1837, à Irigny, sur la voie de descente, et relevés fin juin 1846.

Nos DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE EMPLOYÉS.	OBSERVATIONS.
1	4	»	»	0,0780	0,0790	0,0800	0,0850	»	»	Les extrémités sont en assez bon état.
2	»	2	2	0,0780	0,0800	0,0810	0,0820	1	1	Ce rail peut servir encore sur les deux faces.
3	»	2	2	0,0805	0,0780	0,0815	0,0830	»	1	Le boudin s'est détaché près de l'extrémité; ce rail peut servir encore.
4	3	»	1	0,0775	0,0775	0,0805	0,0820	»	»	A 0m,10 de l'extrémité, le boudin est enlevé sur 0m,30 de longueur.
5	»	1	3	0,0770	0,0780	0,0800	0,0820	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est enlevé sur 0m,08 de longueur.
6	»	1	3	0,0790	0,0795	0,0795	0,0810	1	1	Les extrémités sont en bon état.
7	»	2	2	0,0770	0,0790	0,0810	0,0820	»	1	*Idem.*
8	»	1	3	0,0780	0,0790	0,0790	0,0820	1	1	Les extrémités sout intactes.
9	»	2	2	0,0785	0,0790	0,0800	0,0815	»	1	*Idem.*

10	»	1	3	0,0800	0,0795	0,0810	0,0820	»	1	Les extrémités sont intactes.
11	3	»	1	0,0800	0,0850	0,0850	0,0810	»	»	*Idem.*
12	»	2	2	0,0785	0,0790	0,0800	0,0810	»	1	L'une des extrémités est intacte, l'autre est très légèrement attaquée.
13	»	»	4	0,0820	0,0820	0,0820	0,0830	»	1	Les extrémités sont intactes.
14	»	2	2	0,0760	0,0760	0,0795	0,0815	»	1	*Idem.*
15	»	3	1	0,0790	0,0795	0,0800	0,0820	»	1	Les extrémités sont très peu endommagées.
16	»	2	2	0,0790	0,0790	0,0795	0,0800	»	1	*Idem.*
17	»	3	1	0,0780	0,0790	0,0800	0,0810	»	1	Les extrémités sont intactes.
18	»	3	1	0,0760	0,0760	0,0765	0,0770	»	1	Tous ces rails sont, en général, gauches. Cette déformation provient probablement de la pose.
19	»	2	2	0,0782	0,0780	0,0800	0,0850	»	1	Une extrémité est légèrement attaquée sur 0m,08 de longueur.
20	»	»	4	0,0775	0,0750	0,0770	0,0780	1	1	Rail remarquable par son usure et sa bonne conservation. Quelques légères bavures à l'une des arêtes. Les extrémités bonnes.
21	»	2	2	0,0790	0,0790	0,0800	0,0820	»	1	Les extrémités sont bonnes.
22	»	3	1	0,0780	0,0792	0,0800	0,0810	»	»	L'une des extrémités est attaquée sur 0m,15 de longueur.
23	1	»	3	0,0790	0,0760	0,0800	0,0810	1	»	Les extrémités de ce rail présentent des fentes verticales.
A report.	11	34	47	1,8037	1,8112	1,8430	1,8760	5	17	

Nos DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE EMPLOYÉS.	OBSERVATIONS.
Report,	11	37	44	1,8037	1,8112	1,8430	1,8760	5	17	
24	»	2	2	0,0810	0,0815	0,0820	0,0830	»	1	Les extrémités sont intactes.
25	»	»	4	0,0750	0,0760	0,0770	0,0780	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est fendu sur 0m,10 de longueur.
26	»	»	4	0,0810	0,0820	0,0820	0,0830	»	1	Les extrémités sont bonnes.
27	»	2	2	0,0730	0,0720	0,0750	0,0760	»	1	*Idem.*
28	»	3	1	0,0800	0,0805	0,0810	0,0820	»	1	Une extrémité paraît légèrement attaquée. L'arête indiquée comme endommagée, ne l'est que sur 0m,50.
29	»	2	2	0,0800	0,0810	0,0815	0,0830	»	1	
30	3	»	1	0,0770	0,0770	0,0780	0,0790	»	»	Les 2 arêtes sont en très mauvais état.
31	»	1	3	0,0820	0,0800	0,0815	0,0825	»	1	Les extrémités sont en bon état.
32	2	»	2	0,0750	0,0740	0,0770	0,0780	»	1	L'arête, avec boudin, est moins attaquée que l'autre. Les extrémités sont bonnes.
33	»	1	3	0,0730	0,0740	0,0765	0,0775	»	1	
34	»	»	4	0,0810	0,0810	0,0820	0,0830	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est légèrement fendu sur 0m,10 de longueur.

35	»	»	4	0,0780	0,0800	0,0810	0,0830	»	»	
36	»	1	3	0,0760	0,0780	0,0800	0,0810	»	1	Les extrémités sont intactes. Sur l'une des arêtes, on remarque deux légères bavures.
37	»	1	3	0,0810	0,0800	0,0820	0,0830	»	1	Les extrémités sont intactes.
38	»	2	2	0,0780	0,0790	0,0795	0,0800	»	1	Les extrémités sont en bon état.
39	1	2	1	0,0795	0,0800	0,0810	0,0820	»	»	Sur l'une des faces, le boudin est enlevé sur presque toute la longueur.
40	»	»	4	0,0805	0,0810	0,0820	0,0820	»	1	Extrémités intactes.
41	»	1	3	0,0785	0,0790	0,0800	0,0805	»	1	*Idem.*
42	2	1	1	0,0790	0,0780	0,0810	0,0815	»	»	
43	1	2	1	0,0750	0,0805	0,0810	0,0820	»	»	Extrémités en mauvais état.
44	»	2	2	0,0790	0,0795	0,0810	0,0820	»	1	Extrémités en bon état.
45	»	1	3	0,0780	0,0795	0,0795	0,0820	»	1	*Idem.*
46	»	»	4	0,0780	0,0785	0,0815	0,0820	»	1	L'une des extrémités est très légèrement attaquée.
47	»	1	3	0,0780	0,0700	0,0795	0,0805	»	1	Les extrémités sont en bon état.
48	»	»	4	0,0790	0,0800	0,0820	0,0805	»	1	*Idem.*
49	»	1	3	0,0790	0,0795	0,0800	0,0820	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est fendu sur 0m,10 de longueur.
A rep.	20	60	116	3,8382	3,8527	3,9275	3,9850	5	35	

N^os DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE EMPLOYÉS.	OBSERVATIONS.
Report,	20	60	116	3,8382	3,8527	3,9275	3,9850	5	35	
50	»	2	2	0,0790	0,0793	0,0800	0,0820	»	1	Les extrémités en bon état. De très légères bavures à l'arête attaquée.
51	»	1	3	0,0800	0,0798	0,0810	0,0830	»	1	*Idem.*
52	»	1	3	0,0780	0,0786	0,0800	0,0810	»	1	Les extrémités sont en bon état.
53	»	»	4	0,0790	0,0795	0,0800	0,0820	»	1	*Idem.*
54	»	2	2	0,0800	0,0805	0,0810	0,0820	»	»	Une des extrémités très légèrement attaquée. Une des faces présente, à 0m,60 de l'extrémité, un écrasement de peu de longueur.
55	»	2	2	0,0806	0,0805	0,0810	0,0820	»	1	L'arête attaquée présente seulement de légères bavures.
56	»	»	4	0,0800	0,0810	0,0820	0,0830	»	1	Les extrémités sont bonnes.
57	»	»	4	0,0810	0,0810	0,0815	0,0825	»	1	L'une des extrémités est très légèrement attaquée.
58	»	1	3	0,0790	0,0800	0,0810	0,0815	»	1	L'arête attaquée présente seulement de légères bavures.
Totaux	20	69	143	4,5548	4,5731	4,6550	4,7240	5	43	
Hauteur moyenne d'un rail.				0,0785	0,0788	0,0802	0,0814			

Les rails ci-dessus étaient d'uniforme épaisseur; ils avaient pour section transversale un rectangle de $0^m,085$ de hauteur, sur $0^m,043$ de largeur, avec arêtes arrondies, comme ceux représentés fig. I, pl. 5, dont ils ne diffèrent que par la hauteur. Leur longueur, de $4^m,60$, était divisée en quatre portées, dont deux de $1^m,05$, et deux de $1^m,25$. Ces rails étaient supportés par des dés en pierre ayant $0^m,60$ sur $0^m,60$, et une épaisseur moyenne de $0^m,25$. Le chemin de fer est à très peu de chose près horizontal, et forme, dans la partie où se trouvaient ces rails, une courbe dont le rayon est de 500 mètres.

Les rails sont restés posés depuis le 1^er^ janvier 1838 jusqu'au 1^er^ juillet 1846; ils ont par conséquent servi pendant huit années et demie. Leur hauteur primitive, de $0^m,085$, s'est trouvée réduite en moyenne à $0^m,0814$; l'usure est donc de $0^m,0036$, soit par année de $0^m,000423$; quantité presque double de celle indiquée par MM. Georges Bidler et Dixon.

Pendant ces huit années et demie, les rails d'Irigny ont servi à transporter:

1° Quatre trains de voyageurs par jour. Ces trains étaient remorqués par des locomotives dont le poids, y compris celui du tender, est en moyenne de 19 tonnes. Le nombre des voyageurs pendant les huit ans et demi a été d'environ 1,460,000;

2° 6,205 fourgons de marchandises circulant à la même vitesse que les trains de voyageurs. Chacun de ces fourgons, y compris la marchandise, pèse 6,800 kil.;

3° 912,447 waggons de charbons et de messagerie ordinaire remorqués par des locomotives. Ces waggons ne

sont point suspendus ; leurs roues sont entièrement en fonte. Ils pèsent en moyenne 4,500 kilog., dont 3,100 représentent le poids du chargement.

Si l'on veut réduire en tonnes ces différents transports, on a les résultats suivants :

1° *Voyageurs.*

12,408	locomotives, du poids de 19 tonnes.	235,752 tonnes
1,460,000	voyageurs, pesant chacun 247 kil. (*), y compris le poids de la voiture.	360,620

2° *Fourgons de marchandises à grande vitesse.*

6,205	fourgons, pesant chacun 6,800 kil.	42,194
690	locomotives employées à remorquer les fourgons pendant 23 mois seulement. Ces locomotives, y compris leur tender, pesaient 16 tonnes.	11,040

3° *Waggons de charbons et de messagerie ordinaire.*

912,447	waggons, pesant 4,500 kil. chacun.	4,106,011
	A reporter. . .	4,800,000 tonnes

(*) Le poids de 247 kil. se compose de 60 kil. pour le voyageur, et de 187 kil. pour le poids de la voiture par *place occupée.* Nous avons supposé la voiture peser 3,000 kil. et contenir 24 places, dont un tiers en moyenne reste disponible.

REPORT. . . .	4,80,000 tonnes
28,500 locomotives, du poids de 16 tonnes, y compris le tender	456,000
5,000 locomotives, du poids de 19 tonnes, y compris le tender	95,000
TOTAL.	5,306,617 tonnes

État des Rails d'uniforme épaisseur, posés en décembre 1837, sur la voie de descente, en amont de Pierre-Bénite, et relevés dans la dernière quinzaine de janvier 1847.

Nos des rails.	Arêtes attaquées.	Arêtes légèrement attaquées.	Arêtes intactes.	Hauteur aux deux extrémités.		Hauteur sous un chair intermédiaire.	Hauteur entre les chairs.	Rails non retournés.	Rails pouvant être replacés.	Observations.
1	»	1	3	0,0805	0,0810	0,0820	0,0830	1	1	Les extrémités sont intactes; l'arête attaquée ne présente que de légères bavures.
2	1	1	2	0,0790	0,0800	0,0810	0,0820	1	»	Sur l'une des arêtes, le boudin est enlevé sur $0^m,20$ de longueur; l'une des extrémités est intacte, l'autre légèrement attaquée.
3	»	1	3	0,0785	0,0810	0,0815	0,0820	1	1	Les extrémités sont intactes.
4	»	1	3	0,0790	0,0795	0,0800	0,0810	1	1	A l'une des extrém., le boudin se détache d'un côté sur $0^m,12$ de long^r.
5	1	2	1	0,0790	0,0805	0,0800	0,0810	»	»	A l'une des extr., le boudin est enlevé sur $0^m,50$ de long^r; sur l'autre face du rail, le boudin est détaché en plusieurs endroits.
6	»	1	3	0,0810	0,0800	0,0815	0,0820	1	1	Les extrémités sont en bon état.
7	»	2	2	0,0745	0,0800	0,0805	0,0815	»	»	A $0^m,30$ du chair du milieu, sur $0^m,15$ de longueur, les fibres sont détachées; il y a écrasement. A l'une des extrémités, le boudin est fendu sur $0^m,15$.
8	»	2	2	0,0780	0,0800	0,0810	0,0820	»	»	Le boudin est enlevé à l'une des extr. sur $0^m,07$ de long; l'autre est intacte.
9	»	»	4	0,0810	0,0815	0,0825	0,0830	1	1	Ce rail est remarquable : il s'est usé sans déformation.
10	»	2	2	0,0790	0,0785	0,0800	0,0810	»	1	Les extrémités sont intactes; les arêtes attaquées ne présentent que de légères bavures.
11	»	2	2	0,0800	0,0800	0,0820	0,0830	»	1	Extrém. bonnes. Entre le 1er et le 2e chair, une exfoliation sur $0^m,15$ de long^r, et sur toute la largeur du rail.

12	»	3	1	0,0810	0,0795	0,0810	0,0830	»	1	Les extrémités sont intactes.
13	»	2	2	0,0805	0,0805	0,0815	0,0825	»	1	*Idem.*
14	»	3	1	0,0805	0,0810	0,0820	0,0830	»	1	*Idem.*
15	1	1	2	0,0815	0,0810	0,0830	0,0840	»	»	Le boudin est enlevé en plusieurs endroits. L'une des extrémités est intacte, l'autre est légèrement attaquée.
16	1	1	2	0,0820	0,0820	0,0820	0,0830	»	1	Les extrémités sont intactes.
17	»	2	2	0,0810	0,0810	0,0820	0,0825	»	1	*Idem.*
18	1	3	»	0,0805	0,0810	0,0815	0,0820	»	1	*Idem.*
19	»	1	3	0,0805	0,0805	0,0810	0,0820	1	1	*Idem.*
20	»	1	3	0,0805	0,0805	0,0815	0,0820	»	1	*Idem.*
21	»	1	3	0,0805	0,0810	0,0810	0,0820	»	1	*Idem.*
22	»	»	4	0,0800	0,0805	0,0815	0,0820	1	1	Ce rail s'est usé sans aucune déformation.
23	»	»	4	0,0785	0,0800	0,0810	0,0820	1	1	*Idem.*
24	»	1	3	0,0800	0,0800	0,0810	0,0820	»	1	Les extrémités sont en bon état.
25	»	2	2	0,0800	0,0795	0,0815	0,0820	»	1	*Idem.*
26	»	1	3	0,0750	0,0755	0,0780	0,0790	»	1	Remarquable par son usure sans déformation.
A report.	5	37	62	2,0705	2,0855	2,1115	2,1345	9	21	

Nos des rails.	Arêtes attaquées.	Arêtes légèrement attaquées.	Arêtes intactes.	Hauteur aux deux extrémités.		Hauteur sous un chair intermédiaire.	Hauteur entre les chairs.	Rails non retournés.	Rails pouvant être replacés.	OBSERVATIONS.
Report,	5	27	62	2,0715	2,0855	2,1115	2,1345	9	21	
27	»	1	3	0,0780	0,0800	0,0810	0,0820	1	1	Les extrémités sont en bon état.
28	»	1	3	0,0800	0,0800	0,0810	0,0820	1	1	*Idem.*
29	»	1	3	0,0800	0,0810	0,0810	0,0815	1	1	*Idem.*
30	»	1	3	0,0790	0,0785	0,0805	0,0810	1	»	Le boudin et la surface du rail sont fortement attaqués à l'une des extrémités, et accusent un défaut du fer; l'autre extrémité est bonne.
31	»	1	3	0,0805	0,0805	0,0815	0,0820	1	1	Les extrémités sont en bon état.
32	»	2	2	0,0800	0,0810	0,0810	0,0820	»	1	Le boudin est enlevé sur $0^m,06$ de long^r. Les extrém. sont en bon état.
33	1	2	1	0,0800	0,0805	0,0815	0,0825	»	1	Le boudin est enlevé dans deux parties de la même arête. Les extrém. sont en bon état.
34	1	»	3	0,0810	0,0810	0,0815	0,0820	»	»	Sur $2^m,80$ de longueur, le boudin est enlevé; sur le surplus il est détaché. L'une des extrémités est bonne, l'autre défectueuse.
35	»	1	3	0,0800	0,0800	0,0815	0,0820	»	»	L'une des extrémités est intacte, l'autre est légèrement attaquée sur $0^m,10$ de long^r.
36	»	2	2	0,0800	0,0805	0,0810	0,0815	»	1	Extrémités en bon état.
37	»	2	2	0,0790	0,0800	0,0805	0,0820	»	1	L'une des arêtes présente de fortes bavures sur $0^m,60$ de longueur, et à $0^m,10$ de l'extrémité du rail. Extrémités en bon état.

38	»	1	3	0,0800	0,0790	0,0805	0,0815	»	1	Les extrémités sont en bon état.
39	»	»	4	0,0795	0,0800	0,0810	0,0815	»	1	*idem.*
40	»	»	4	0,0800	0,0800	0,0810	0,0820	»	1	Usure sans déformation du rail.
41	1	1	2	0,0800	0,0800	0,0815	0,0820	»	»	Le boudin est enlevé à l'une des extrémités, sur $0^m,10$ de longueur.
42	»	1	3	0,0800	0,0790	0,0810	0,0820	»	1	Le boudin est enlevé sur $0^m,30$ de longueur. Extrémités en bon état.
43	1	1	2	0,0800	0,0760	0,0805	0,0815	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est enlevé sur $0^m,10$ de longueur.
44	1	1	2	0,0795	0,0810	0,0810	0,0820	1	1	Le boudin est fendu en trois endroits. Les deux extrémités sont en bon état.
45	»	»	4	0,0810	0,0800	0,0815	0,0825	1	1	Usure sans déformation du rail.
46	»	1	3	0,0800	0,0800	0,0815	0,0825	»	1	Les extrémités sont en bon état.
47	1	1	2	0,0800	0,0800	0,0805	0,0815	»	»	L'une des extrémités est légèrement attaquée sur $0^m,40$ de longueur.
48	»	»	4	0,0805	0,0805	0,0810	0,0820	»	»	L'une des extrémités est fendue sur $0^m,04$ de longueur.
49	»	1	3	0,0805	0,0800	0,0810	0,0820	»	1	Les extrémités sont en bon état.
50	»	1	3	0,0810	0,0805	0,0820	0,0825	»	1	*Idem.*
Totaux 11		60	129	3,9910	4,0045	4,0575	4,1005	16	38	
Hauteur moyenne d'un rail.				0,0798	0,0800	0,0811	0,0820			

Ces rails étaient entièrement semblables à ceux d'Irigny, et posés absolument de la même manière. Ils étaient distants de ces derniers d'environ 2,000 mètres. Leur service a été de neuf années et demie. Ils ont éprouvé une réduction de hauteur de $0^m,003$, soit par année $0^m,00033$. A Irigny, l'usure annuelle était de $0^m,000423$; cette différence provient des causes suivantes.

A Irigny, se trouvait un château d'eau près duquel les convois s'arrêtaient pour l'alimentation du tender; les rails étaient par conséquent exposés à supporter les effets du glissement des roues de la locomotive, lorsqu'elle éprouvait de la difficulté pour se remettre en marche. En outre, il arrivait souvent que le mécanicien, pour pouvoir démarrer plus facilement le convoi, faisait reculer les waggons afin de les faire toucher les uns contre les autres. Il y avait alors une augmentation de circulation, faite, il est vrai, à une très faible vitesse. Nous ferons encore observer que la différence d'usure peut également résulter de la différence de soin et d'adresse apportés par les cantonniers chargés de l'entretien.

En résumé, on pourra prendre l'usure des rails à Irigny, comme un maximum. Il n'en est pas de même pour ceux de Pierre-Bénite, qui se trouvaient dans les conditions ordinaires et sans aucune circonstance qui put contribuer à augmenter ou à diminuer l'usure.

Les rails de Pierre-Bénite ont servi aux transports suivants :

1° Quatre trains de voyageurs par jour. Ces trains étaient remorqués par des locomotives pesant chacune 19 tonnes, y compris le tender. Le nombre des voyageurs transportés peut être évalué à 1,770,000.

2° 6,630 fourgons de marchandises circulant à la même vitesse que les trains de diligences.

3° 1,001,745 waggons de charbons et de messagerie ordinaire. Ces waggons sont entièrement semblables à ceux qui ont passé sur les rails d'Irigny.

Si nous réduisons ces différents transports en tonnes, nous aurons les résultats suivants :

1° Voyageurs.

	tonnes.
13,260 locomotives pesant 19 tonnes, tender compris.	251,940
1,770,000 voyageurs, pesant 247 kil. (*), y compris le poids de la voiture	437,190
2° Fourgons de marchandises à grande vitesse.	
6,630 fourgons, pesant chacun 6,800 kil.	45,084
912 locomotives, du poids de 16 tonnes, tender compris.	14,592
3° Waggons de charbons et de messagerie ordinaire.	
1,001,745 waggons, pesant, chargement compris, 4,500 kil. chacun, ci	4,507,852
28,500 locomotives, du poids de 16 tonnes, y compris le tender.	456,000
7,230 locomotives, du poids de 19 tonnes, y compris le tender.	137,370
Total	5,850,028
Soit par année. . . .	644,040

(*) Nous avons donné, page 404, la manière dont nous avons formé le chiffre de 247 kilog.

État des Rails d'uniforme épaisseur, posés en mai 1838, sur la voie de descente, en aval de Pierre-Bénite, et relevés en août 1849.

Nos DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE REPLACÉS.	OBSERVATIONS.
1	2	»	2	0,0890	0,0910	0,0915	0,0920	»	»	A l'une des extrémités, le fer est enlevé sur une épaisseur de $0^m,004$, et sur toute la largeur du rail.
2	»	3	1	0,0855	0,0870	0,0890	0,0895	»	»	Près de l'une des extrémit., le rail est écrasé sur $0^m,30$ de longr; l'autre est en bon état.
3	1	2	1	0,0865	0,0880	0,0890	0,0900	»	»	A l'une des extrémités, la saillie formant le boudin est enlevée sur $0^m,30$ de longueur.
4	1	2	1	0,0875	0,0890	0,0895	0,0900	»	1	Ce rail est en assez bon état.
5	1	2	1	0,0880	0,0905	0,0915	0,0920	»	»	L'une des extrém. est en bon état, l'autre est hors de service; elle est fendue et écrasée.
6	»	»	4	0,0830	0,0890	0,0905	0,0910	»	»	L'une des extr. est bonne, l'autre, beaucoup plus usée, est fendue verticalement sur $0^m,10$; néanmoins, elle peut encore servir.
7	»	2	2	0,0870	0,0890	0,0900	0,0905	»	1	Les extrémités sont en bon état.
8	1	1	2	0,0870	0,0870	0,0885	0,0890	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est détaché d'un côté seulement, et sur $0^m,10$ de longr.
9	»	»	4	0,0860	0,0885	0,0890	0,0905	»	1	Ce rail est usé très régulièrement; il n'a éprouvé aucune déformation.
10	»	»	4	0,0870	0,0870	0,0890	0,0900	»	1	*Idem.*
11	»	1	3	0,0850	0,0880	0,0905	0,0910	»	1	Ce rail n'a d'autre déformation qu'un léger écrasement sur l'une des arêtes sur $0^m,10$.

12	1	1	2	0,0880	0,0875	0,0880	0,0885	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est enlevé d'un côté sur $0^m,20$ de longueur, et vers le milieu du rail, il est écrasé sur $0^m,30$.
13	2	2	»	0,0850	0,0880	0,0890	0,0895	»	»	L'une des extrémités est en bon état; à l'autre, il manque une partie du boudin sur $0^m,10$ de longueur.
14	»	»	4	0,0860	0,0880	0,0890	0,0905	»	1	Ce rail est en très bon état.
15	»	»	4	0,0890	0,0875	0,0900	0,0910	»	1	*Idem.*
16	2	2	»	0,0860	0,0890	0,0890	0,0895	»	»	A l'une des extrémités, le boudin est fendu sur $0^m,15$; sur l'une des faces, il y a divers écrasements et enlèvements de fer.
17	»	1	3	0,0865	0,0885	0,0890	0,0905	1	1	A l'une des extrémités, le boudin est fendu d'un côté sur $0^m,16$ de long.
18	»	1	3	0,0845	0,0875	0,0895	0,0905	»	1	Les déformations ne consistent qu'en de légers écrasements. Les extrémités, quoique fortement usées, sont en bon état.
19	»	1	3	0,0885	0,0850	0,0895	0,0910	»	1	Extrém. en bon état. Sur l'une des arêtes, il y a quelques petits écrasem^ts^.
20	»	1	3	0,0865	0,0870	0,0890	0,0900	»	1	Ce rail est en bon état.
21	»	»	4	0,(870	0,0900	0,0910	0,0915	1	1	*Idem.*
22	»	»	4	0,0870	0,0880	0,0885	0,0895	1	1	*Idem.*
23	»	2	2	0,0890	0,0895	0,0905	0,0910	»	1	Les déformations ne consistent qu'en de légers écrasements sur deux arêtes.
24	»	2	2	0,0855	0,0880	0,0895	0,0910	»	1	Ce rail est en bon état.
25	»	»	4	0,0880	0,0885	0,0895	0,0905	1	1	Ce rail est usé très régulièrement et sans déformation.
26	»	»	4	0,0870	0,0870	0,0900	0,0905	»	1	*Idem.*
A rep.	10	25	69	2,2350	2,2930	2,3290	2,3505	4	17	

Nos DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE EMPLOYÉS.	OBSERVATIONS.
Report,	10	25	69	2,2550	2,2930	2,3290	2,3505	4	17	
27	»	»	4	0,0870	0,0880	0,0895	0,0905	1	1	Ce rail est usé très régulièrement et sans déformation.
28	»	1	3	0,0875	0,0880	0,0895	0,0905	1	1	Ce rail n'a d'autres déformations que de légères bavures sur l'une des faces
29	»	»	4	0,0860	0,0880	0,0890	0,0910	»	1	Ce rail est en très bon état; il n'a été retourné que pour être redressé.
30	»	»	4	0,0885	0,0875	0,0895	0,0910	»	1	*Idem.*
31	»	»	4	0,0875	0,0870	0,0890	0,0895	»	1	*Idem.*
32	»	»	4	0,0870	0,0875	0,0895	0,0900	»	1	*Idem.*
33	»	1	3	0,0870	0,0860	0,0895	0,0910	»	1	*Idem.*
34	»	»	4	0,0860	0,0880	0,0895	0,0915	1	1	Rail usé sans déformation.
35	»	1	3	0,0865	0,0880	0,0895	0,0905	»	»	A l'une des extrémités, l'arête est attaquée sur $0^m,10$ de longueur.
36	»	»	4	0,0880	0,0890	0,0905	0,0910	1	1	Ce rail est en très bon état.
37	»	»	4	0,0880	0,0875	0,0890	0,0905	»	1	Ce rail n'a été retourné que pour être redressé.

38	»	»	4	0,0885	0,0890	0,0900	,0905	»	1	*Idem.*
39	»	»	4	0,0880	0,0890	0,0890	0,0900	1	1	Ce rail est en très bon état.
40	»	»	4	0,0880	0,0860	0,0885	0,0900	»	1	*Idem.*
41	»	1	3	0,0875	0,0890	0,0900	0,0910	»	1	Les déformations consistent en de légères bavures sur l'une des arêtes.
42	»	»	4	0,0875	0,0870	0,0900	0,0905	1	1	Ce rail est en bon état.
43	1	»	3	0,0860	0,0890	0,0905	0,0910	»	»	A l'une des extrém., le boudin est enlevé d'un côté sur $0^m,12$ de long^r.
44	»	»	4	0,0860	0,0880	0,0900	0,0905	1	1	Ce rail est en très bon état.
45	»	»	4	0,0880	0,0850	0,0900	0,0910	1	1	*Idem.*
46	»	1	3	0,0860	0,0890	0,0900	0,0910	1	1	Légères bavures sur l'une des arêtes.
47	»	1	3	0,0880	0,0890	0,0890	0,0895	1	1	*Idem.*
48	»	»	4	0,0880	0,0885	0,0895	0,0900	1	1	Ce rail est en très bon état.
49	»	»	4	0,0880	0,0860	0,0895	0,0905	»	1	*Idem.*
50	1	»	3	0,0850	0,0870	0,0900	0,0910	1	1	A l'une des extrémités, l'une des arêtes est enlevée sur $0^m,20$ de longueur
Totaux 12		31	157	4,3485	4,2090	4,3390	4,4940	16	39	
Hauteur moyenne d'un rail.				0,08697	0,08418	0,08678	0,08988			

Ces rails ne diffèrent des précédents que par leur hauteur qui, primitivement, était de 0,093; la fig. 1, pl. 5, en représente la section. Du reste, ces rails étaient posés absolument de la même manière que ceux de Pierre-Bénite et d'Irigny. Ils sont restés en place pendant onze années $\frac{1}{6}$, et ils ont servi à transporter :

1° Quatre trains de voyageurs par jour (le nombre des voyageurs transportés est de 1,996,323);

2° 8,152 fourgons de marchandises à grande vitesse;

3° 1,292,218 waggons de charbons et de messagerie ordinaire.

Ces transports réduits en tonnes, présentent les résultats suivants, en prenant les mêmes bases que pour les calculs des transports opérés sur les rails de Pierre-Bénite et d'Irigny.

	tonnes.
1° *Voyageurs.*	
16,150 locomotives, du poids de 19 tonnes . .	306,850
1,996,323 voyageurs, du poids de 247 kil. . . chacun, y compris la voiture	493,091
2° *Fourgons de Marchandises.*	
8,152 fourgons, pesant chacun 6,800 kil. . .	55,433
1,365 locomotives du poids de 16 tonnes. . .	21,840
3° *Waggons de charbons et de messagerie ordinaire.*	
1,292,918 waggons, pesant chacun 4,500 kil.	5,818,130
27,000 locomotives, pesant 16 tonnes	432,000
15,000 locomotives, pesant 19 tonnes.	285,000
Total.	7,412,344
Soit par année.	664,188

La hauteur primitive de ces rails était de $0^m,093$; elle a été réduite, au bout de onze années et deux mois, à $0^m,08988$. L'usure a donc été de $0^m,000279$ par année.

Si l'on compare ce résultat à celui obtenu pour les rails des deux tableaux précédents, on trouve que l'usure des rails ayant $0^m,093$ de hauteur, a été plus faible que celle des rails dont la hauteur était de $0^m,085$, bien que le tonnage ait été plus fort pour les premiers rails.

Ce résultat nous paraît devoir être entièrement attribué à l'excédant de hauteur, et par conséquent de résistance des rails de $0^m,093$. En effet, il est bien évident que, moins les rails fléchiront, plus leurs molécules resteront unies, et moins les rails seront usés.

D'où nous concluerons qu'il est avantageux de donner aux rails un certain excédant de force.

Nous terminerons nos recherches sur l'usure des rails rectangulaires, par le tableau suivant; il est relatif à des rails entièrement semblables à ceux que nous venons d'examiner, et qui avaient été placés précisément en face, c'est-à-dire sur la voie de remonte. Ces rails ont principalement servi au transport de waggons vides. La comparaison de ces rails avec ceux relatés dans les tableaux précédents, pourra mettre à même d'apprécier la différence d'usure provenant de l'augmentation de poids des waggons, par suite de leur chargement.

Etat des rails d'uniforme épaisseur, posés en juillet 1839, sur la voie de remonte, en aval de Pierre-Bénite, et relevés en août 1849.

Nos DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE REPLACÉS.	OBSERVATIONS.
1	»	1	3	0,0860	0,0900	0,0900	0,0930	»	1	A l'une des extrémités, une arête est enlevée sur une longueur de $0^m,12$.
2	»	1	3	0,0880	0,0900	0,0910	0,0920	»	»	A l'une des extrémités, le rail est fendu horizontalement sur $0^m,15$. C'est une mise de fer qui s'est détachée.
3	»	1	3	0,0880	0,0880	0,0905	0,0915	»	1	Sur l'arête attaquée, il n'y a que de légères bavures.
4	»	2	2	0,0820	0,0880	0,0900	0,0915	»	»	A l'une des extrémités, deux arêtes, l'une supérieure et l'autre infér., sont écrasées de manière à mettre le rail hors de service.
5	1	2	1	0,0880	0,0900	0,0905	0,0910	»	»	Les extrémités sont intactes, mais le rail est écrasé à $1^m,00$ de distance de l'une d'elles.
6	»	1	3	0,0900	0,0905	0,0910	0,0920	1	1	Les extrémités sont en bon état.
7	»	2	2	0,0835	0,0905	0,0905	0,0920	»	1	L'une des extrémités est intacte, l'autre est légèrement attaquée.
8	»	1	3	0,0865	0,0880	0,0895	0,0915	»	1	Les extrémités sont en bon état. A l'arête attaquée, on ne remarque que de légères bavures.
9	»	1	3	0,0890	0,0905	0,0910	0,0920	»	1	A l'une des extrémités, une arête est attaquée par suite d'un défaut dans le fer.
10	1	1	2	0,0845	0,0900	0,0910	0,0920	»	1	Les extrémités sont en bon état.
11	»	2	2	0,0900	0,0870	0,0905	0,0905	»	1	L'une des extr. est intacte ; à l'autre, l'une des arêtes est enlevée sur $0^m,12$ de long.

										[illegible]
13	»	2	2	0,0860	0,0880	0,0910	0,0920	1	»	A l'une des extrémités, un morceau de fer s'est détaché du rail, sur une longueur de 0m,10, et une épaisseur de 0m,15.
14	»	2	2	0,0850	0,0840	0,0905	0,0915	»	»	Les extrémités sont en mauvais état. La partie supérieure du rail est détachée sur 0m,60, et une épaisseur de 0m,01.
15	»	2	2	0,0880	0,0890	0,0900	0,0900	»	»	L'une des extr. est intacte; à l'autre extr., le rail est fendu sr la hautr et sr 0m,30 de long.
16	»	1	3	0,0830	0,0880	0,0895	0,0910	»	1	Les extrémités sont en très bon état.
17	1	»	3	0,0900	0,0885	0,0905	0,0915	»	»	A l'une des extrémités, une arête est enlevée sur 0m,05 de longueur.
18	»	»	4	0,0900	0,0870	0,0910	0,0920	»	1	Les extrémités sont intactes.
19	»	1	3	0,0850	0,0900	0,0895	0,0910	1	1	*Idem.*
20	»	»	4	0,0905	0,0865	0,0910	0,0920	1	1	Ce rail est parfaitement conservé.
21	»	1	3	0,0890	0,0905	0,0915	0,0920	1	1	*Idem.*
22	»	»	4	0,0905	0,0905	0,0905	0,0915	1	1	*Idem.*
23	»	»	4	0,0890	0,0890	0,0900	0,0920	1	1	*Idem.*
24	»	1	3	0,0850	0,0890	0,0905	0,0915	»	1	L'une des extrémités est légérement attaquée.
25	»	1	3	0,0880	0,0885	0,0890	0,0900	»	1	*Idem.*
26	»	»	4	0,0895	0,0875	0,0900	0,0920	1	1	Ce rail est parfaitement conservé.
A reporter.	3	28	73	2,2695	2,3075	2,3505	2,3805	8	18	

Nos DES RAILS.	ARÊTES ATTAQUÉES.	ARÊTES LÉGÈREMENT ATTAQUÉES.	ARÊTES INTACTES.	HAUTEUR aux DEUX EXTRÉMITÉS.		HAUTEUR SOUS UN CHAIR INTERMÉDIAIRE.	HAUTEUR ENTRE LES CHAIRS.	RAILS NON RETOURNÉS.	RAILS POUVANT ÊTRE REPLACÉS.	OBSERVATIONS.
Report,	3	28	73	2,2695	2,3075	2,3505	2,3805	8	18	
27	1	»	3	0,0850	0,0890	0,0895	0,0915	»	»	A l'une des extrémités, l'une des arêtes est enlevée sur 0m,11 de long.
28	»	»	4	0,0905	0,0890	0,0895	0,0905	1	1	Les extrémités sont en bon état.
29	»	»	4	0,0890	0,0885	0,0900	0,0910	1	1	Ce rail est en très bon état.
30	»	»	4	0,0890	0,0890	0,0895	0,0910	»	1	*Idem.* — Ce rail n'a été retourné que pour être redressé.
31	»	»	4	0,0895	0,0900	0,0900	0,0910	»	1	*Idem.*
32	»	»	4	0,0885	0,0895	0,0900	0,0910	»	1	*Idem.*
33	»	»	4	0,0890	0,0875	0,0910	0,0920	»	1	*Idem.*
34	»	»	4	0,0875	0,0895	0,0900	0,0910	»	1	*Idem.*
35	»	»	4	0,0890	0,0890	0,0895	0,0910	»	1	*Idem.*
36	»	»	4	0,0900	0,0890	0,0905	0,0915	»	1	*Idem.*
37	»	»	4	0,0900	0,0890	0,0910	0,0920	1	1	Ce rail est en très bon état.

										très légèrement attaqués.
39	»	»	4	0,0890	0,0900	0,0905	0,0920	1	1	Ce rail est très bien conservé.
40	»	»	4	0,0900	0,0890	0,0910	0,0915	»	1	*Idem.*
41	»	»	4	0,0900	0,0890	0,0905	0,0915	»	1	*Idem.*
42	»	»	4	0,0800	0,0895	0,0900	0,0910	»	»	A l'une des extr., il manque un bout de fer sur $0^m,08$ de long^r et $0^m,01$ d'ép^r.
43	»	»	4	0,0895	0,0900	0,0915	0,0920	»	1	Ce rail est en très bon état.
44	»	»	4	0,0905	0,0905	0,0910	0,0915	1	1	*Idem.*
45	»	»	4	0,0900	0,0890	0,0900	0,0900	»	1	Ce rail est très bien conservé; il n'a été retourné que pour être redressé.
46	»	»	4	0,0880	0,0890	0,0900	0,0900	»	1	*Idem.*
47	»	»	4	0,0900	0,0910	0,0910	0,0915	»	1	*Idem.*
48	»	»	4	0,0900	0,0860	0,0910	0,0915	»	1	*Idem.*
49	»	»	4	0,0890	0,0880	0,0900	0,0910	»	1	*Idem.*
50	»	2	2	0,0850	0,0890	0,0900	0,0915	»	1	*Idem.*
Totaux.	4	30	166	4,3975	4,4425	4,5190	4,5710	14	40	
Hauteur moyenne d'un rail.				0,08795	0,08885	0,09038	0,09142			

NOTA. — *Aux 14 rails non retournés, on pourrait ajouter les 13 rails qui n'ont été retournés que pour être redressés, le total serait alors de 27.*

Les rails que nous venons d'examiner étaient entièrement semblables à ceux consignés dans le tableau précédent ; leur pose avait été faite dans les mêmes conditions. Ils ont servi à transporter :

1° Quatre trains de voyageurs par jour (le nombre des voyageurs peut être évalué à 1,872,587) ;

2° 7,360 fourgons de marchandises à grande vitesse ;

3° 1,194,430 waggons, dont environ 95,000 ont servi au transport de 283,694 tonnes de marchandises ordinaires.

Convertis en tonnes, ces divers transports donnent les résultats suivants :

	tonnes.
1° Voyageurs.	
14,570 locomotives, du poids de 19 tonnes,	276,830
1,872,587 voyageurs, pesant chacun 247 kil., y compris la voiture.	462,528
2° Marchandises à grande vitesse.	
7,360 fourgons, pesant 6,800 kilog.. . .	50,048
1,365 locomotives, du poids de 16 tonnes.	21,840
3° Marchandises ordinaires.	
1,194,430 waggons, pesant 1,400 kil. . .	1,672,202
283,694 tonnes de marchandises, ci. . .	283,694
23,000 locomotives, du poids de 16 ton.	368,000
15,500 locomotives, du poids de 19 ton.	294,500
TOTAL.	3,429,642
	tonnes.
Soit par année	340,130

Après dix années et un mois de service, la hauteur du rail, qui, primitivement, était de $0^m,093$, s'est trouvée

réduite en moyenne à $0^m,09142$; l'usure a donc été de $0^m,00158$, soit par année $0^m,000156$.

Si l'on compare les résultats des deux derniers tableaux, on trouve que l'usure est à peu de chose près proportionnelle au tonnage. Il n'en est pas de même pour la mise hors de service, qui, proportionnellement au tonnage, se trouve plus forte pour la voie de remonte que pour la voie de descente. Ce résultat nous paraît devoir être attribué aux locomotives. En effet, pour la voie de remonte, dans le tonnage de 340,130 tonnes, les locomotives figurent annuellement pour 5,398, et leur poids pour 95,325 tonnes. Tandis que dans le tonnage de la voie de descente, qui est de 664,188 les locomotives, au nombre de 5,333, entrent pour un poids de 93,699 tonnes.

Afin de mettre à même de comparer plus facilement les résultats que nous avons obtenus sur les rails d'uniforme épaisseur, nous allons les résumer en un seul tableau.

DÉSIGNATION DES LIEUX où LES RAILS ÉTAIENT PLACÉS.	DIMENSIONS primitives DES RAILS. Hauteur.	DIMENSIONS primitives DES RAILS. Largeur.	POIDS DES RAILS PAR MÈTRE COURANT.	NOMBRE d'années de SERVICE.	TRANSPORTS CONVERTIS en TONNES.	TRANSPORTS MOYENS par ANNÉE.	USURE MOYENNE par ANNÉE.	QUANTITÉS DE RAILS hors de SERVICE.	QUANTITÉS DE RAILS retournés.	QUANTITÉS DE RAILS pouvant être REPLACÉS.
	mètres.	*mètres.*	*kil.*		*tonnes.*		*mètres.*			
Voie de descente à Irigny.	0,085	0,043	26	8 1/2	5,306,617	624,318	0,000,423	26 p. %	91 p. %	74 p. %
Voie de descente en amont de Pierre-Bénite..	0,085	0,043	26	9 1/12	5,850,028	644,640	0,000,330	24 —	68 —	76 —
Voie de descente en aval de Pierre-Bénite......	0,093	0,043	30	11 1/6	7,412,344	664,188	0,000,279	22 —	68 —	78 —
Voie de remonte en aval de Pierre-Bénite.......	0,093	0,043	30	10 1/12	3,429,642	340,130	0,000,156	20 —	46 —	80 —

Nous allons maintenant donner le résultat de l'examen de 1,290 rails double T *(fig. XIX, pl. 6)*.

Posés en avril 1846, sur la voie de remonte, entre les bornes kilométriques 31 et 35, et visités avec soin le 1er mars 1852, ils ont présenté les résultats suivants :

Rails intacts		611

Rails non retournés.

1° Rails ayant un écrasement entre deux chairs	159	456
2° Rails dont une partie du boudin, ou extrémité du champignon est enlevée sur $0^m,10$ à $0^m,12$	47	
3° Rails dont le boudin est enlevé à l'extrémité	24	
4° Rails ayant l'un des boudins enlevé sur toute la longueur	2	
5° Rails dont l'un des boudins est fendu	2	
6° Rails fendus à l'une des extrémités	2	
7° Rails dont la surface de roulage est légèrement attaquée, par suite de lames de fer qui se sont détachées de la partie supérieure du champignon	220	

Rails retournés.

1° Rails fendus verticalement à l'extrémité, sur une longueur de $0^m,05$ à $0^m,07$	34	207
2° Rails commençant à se fendre verticalement sur toute leur longueur	93	
3° Rails fendus horizontalement sous le champignon et sur la moitié de leur longueur	17	
4° Rails dont l'un des boudins est enlevé en divers endroits	5	
5° Rails ayant des écrasements sur diverses parties	44	
6° Rails dont l'une des extrémités est écrasée	11	
7° Rails ayant l'un des boudins enlevé à l'une des extrémités, et sur $0^m,50$ de longueur	3	

A reporter. . . . 1,274

Report. 1,274

Rails hors de service, et remplacés au moment de la visite.

(Ces rails avaient été retournés dans tous les sens.)

1° Rails fendus verticalement dans toute leur hautr.	8	
2° Rails écrasés des deux côtés.	1	
3° Rails fendus horizontalement sur $1^m,00$ de longueur, à partir de leur extrémité.	1	
4° Rails dont les deux champignons se séparent de la tige sur $2^m,00$ de longueur.	2	16
5° Rails ayant les quatre boudins enlevés.	2	
6° Rails dont une partie du champignon est enlevée à l'une des extrémités.	2	

Total comme ci-dessus. 1,290

Ainsi, sur 1,290 rails ayant cinq années et dix mois de service, on a eu :

Rails intacts, 47,36 p. 100, soit en nombre rond, $\frac{1}{2}$

Rails non retournés, mais attaqués en diverses parties, 35,35 p. 100, soit en nombre rond . . . . $\frac{1}{3}$

Rails retournés et fortement attaqués sur les deux faces, 16,04 p. 100, soit en nombre rond . . . . $\frac{1}{6}$

Rails hors de service, 1,25 p. 100, soit en nombre rond. . . . . $\frac{1}{75}$

Ces rails avaient primitivement une hauteur de $0^m,120$; maintenant, ils n'ont plus que $0^m,118$; leur usure a donc été par année de $\frac{0,002}{5,83} = 0^m,000,343$.

Cette usure est évidemment plus considérable que celle que nous avons trouvée pour les rails rectangulaires, pesant le même poids de 30 kil. Cette différence doit être attribuée au bombement des champignons des rails double T.

Ces rails ont servi aux transports suivants :

	tonnes.
1° 640,000 voyageurs, pesant chacun 247 kil., y compris la voiture	158,080
7,783 locomotives pour les voyageurs, pesant, y compris le tender, 19 tonnes. .	147,877
2° 27,180 locomotives pour les convois de marchandises et de waggons vides, pesant 16 tonnes, y compris le tender. . . .	434,880
3° 1,247,584 waggons vides, pesant chacun 1,400 kil.	1,746,617
4° Marchandises.	508,654
Total.	2,996,108

Soit en moyenne, par année, $\frac{2,996,108}{5,83}$ = 514,083

Si l'on se reporte aux tableaux relatifs aux rails rectangulaires, on remarquera que l'usure, dans les parties où le rail repose sur les chairs, est plus grande que sur les autres points, et que cette usure est plus considérable sur les chairs placés aux extrémités. De l'usure à l'aplomb des chairs.

Ce dernier fait confirme le résultat des expériences citées par M. Barlow (*page* 143), et d'après lesquelles la flexion des portées extrêmes a été trouvée plus grande que celle des portées intermédiaires. Or, plus les flexions sont grandes, plus les extrémités des portées sont exposées à recevoir un choc d'autant plus violent, que le waggon marche avec une plus grande vitesse. Il est donc convenable de donner moins de longueur aux portées extrêmes qu'aux portées intermédiaires. Cette disposition a été adoptée sur plusieurs chemins, parmi lesquels

nous citerons ceux de Saint-Etienne, du Centre, de Marseille, etc. *(Note B*, § V.)

M. Cubitt, ingénieur du Great-North, donne maintenant aux portées extrêmes la moitié de la longueur des portées intermédiaires. Cette disposition est adoptée par plusieurs ingénieurs anglais qui limitent les portées extrêmes à $0^m,45$, et même à $0^m,38$.

De l'usure aux extrémités des rails.

Nous avons également reconnu que, des deux extrémités d'un rail, celle opposée à la direction de la marche des convois était presque toujours beaucoup plus usée que l'autre. Ce résultat doit être attribué aux chocs qui se manifestent aux passages des roues sur les joints des rails, et qui ont lieu avec plus de force sur le rail d'aval que sur celui d'amont.

Les rails rectangulaires cités dans les tableaux précédents étaient posés entièrement sur des dés en pierre. Quant aux rails double T, ils reposaient sur des traverses et sur des dés. *(Note B, page* 373.)

Nous avons examiné d'autres rails dont la pose n'était faite que sur des traverses en bois, et nous avons reconnu la même différence d'usure dans les parties reposant sur les chairs.

De l'usure latérale.

M. Barlow *(page* 38) pense que les rails n'éprouvent pas d'usure latérale ; il base son opinion sur une remarque faite par M. Stephenson. Cet habile ingénieur aurait constaté « que les marques laissées par les outils employés à tourner les rebords des roues, sont rarement effacées. » L'expérience nous démontre journellement le contraire. Ainsi, il est constant que les rebords des roues s'usent, et que les rails sont usés latéralement. Du reste, il nous semblerait difficile, pour ne pas dire impossible, qu'il pût en être autrement ; car c'est le re-

bord des roues qui, en tournant contre la face verticale des rails, maintient le waggon sur la voie. Il y a donc frottement, et par conséquent usure.

L'usure latérale est plus considérable pour les rails formant les parties courbes d'un chemin de fer. Ainsi, nous avons trouvé que pour un rail à double champignon, faisant partie d'une courbe de 510 mètres de rayon, l'usure était de $0^{m},0055$ pour quatre années de service. Cette usure était, du reste, très régulière, et ne pouvait être attribuée qu'au frottement du rebord des roues, qui, dans les parties courbes, se trouve presque constamment en contact avec la face verticale des rails. Dans une partie droite, l'usure latérale pour un rail de même nature que le précédent, était de $0^{m},002$ pour le même nombre d'années de service. Usure latéral dans les parties courbes

L'usure latérale a fort peu d'importance, car elle ne peut devenir une cause de mise hors de service.

Passons à la déformation des rails. Nous examinerons d'abord de quelle manière elle se produit; puis nous rechercherons quelles peuvent en être les principales causes. De la déformation des rails.

Si l'on examine avec soin les rails posés depuis quelques années sur une ligne où les transports sont un peu considérables, il sera facile de reconnaître les faits suivants :

1° Entre les points d'appui se trouve le plus grand nombre de déformations.

2° La déformation se manifeste d'abord par un élargissement de la surface supérieure du rail. Cet élargissement commence sur une très faible épaisseur; ce n'est d'abord qu'une simple bavure, surtout lorsque la partie

supérieure du rail est terminée comme celle du rail d'uniforme épaisseur (*fig. I*, *pl.* 5).

3° Si le rail est à champignon, on voit une fente se former à l'aplomb de la partie centrale ou tige; puis, venant à s'augmenter peu à peu, cette fente finit par détacher entièrement la partie du champignon formant la saillie. Ainsi, nous avons eu, après trois à quatre années de service, des rails dont le boudin du champignon s'était détaché de la tige sur toute sa longueur. La déformation dont nous venons de parler, a été également observé par M. Barlow (*page* 89).

4° La déformation se fait en général du côté extérieur du rail.

5° Les extrémités des rails sont sujettes à se fendre à l'aplomb de la tige, et alors la partie saillante du champignon se détache; si le rail est à l'aval, cet enlèvement d'une partie du champignon détermine alors une saillie qui peut, dans certains cas, occasionner un déraillement.

6° Il arrive aussi que le rail n'ayant pas été fixé convenablement dans les chairs, ou que les dés ayant été mal assujettis, le rail se gauchit dans le sens vertical, et ne présente plus, pour surface de roulage, que l'une des arêtes supérieures. Si le rail est à champignon, cette arête ne peut résister à la pression et au frottement des roues, et bientôt le rail est mis hors de service, par suite de l'écrasement du champignon.

La déformation n'est pas proportionnelle au tonnage transporté.

L'élargissement de la surface supérieure du rail ne pouvant avoir lieu qu'aux dépens de la hauteur, il se forme, en cet endroit, un creux où les roues viennent frapper avec d'autant plus de force, que ce point présente plus de profondeur. Il en résulte que la déforma-

tion croit avec une très grande rapidité, et ne peut se trouver proportionnelle avec le tonnage transporté, comme cela a lieu pour l'usure proprement dite.

Des causes de la déformation.

En général, on laisse entre le rail et le bourrelet, ou rebord des roues, un jeu de $0^m,02$ à $0^m,03$. En outre, les boîtes à graisse sont disposées de manière à ce que l'essieu puisse se mouvoir dans le sens de sa longueur. Ce jeu a pour but de faciliter la marche des waggons, et surtout leur passage dans les parties courbes. Si l'on supprimait cette disposition, et que l'on fixât les roues de manière que leur rebord se trouvât constamment en contact avec la face latérale des rails, il y aurait évidemment un frottement considérable, dont le résultat serait une prompte détérioration des rails et des roues, et une forte augmentation dans la résistance à la traction. Mais de ce jeu réellement indispensable, il résulte, pour les roues, un mouvement transversal qui opère sur les rails un véritable laminage perpendiculaire à leur longueur, et, par conséquent, aux fibres dont ils sont composés. Telle est la principale cause dela déformation des rails.

Si les jantes des roues ne sont pas parfaitement unies, si elles présentent des saillies, des fentes, ou d'autres imperfections, alors les roues, dans leur mouvement transversal, ont plus de prise sur les rails, et en opèrent plus facilement le laminage.

Lorsque, par suite d'usure, les jantes des roues présentent une gorge un peu prononcée, il arrive alors qu'au lieu d'exercer leur pression sur le milieu du champignon, elles la reportent sur l'extrémité, qui, ne pouvant supporter un tel poids, se détache du rail.

Telle nous paraît être la cause de la déformation du côté intérieur de la voie.

Comme nous l'avons dit plus haut, les déformations à l'extérieur de la voie, sont beaucoup plus nombreuses qu'à l'intérieur; cette différence nous paraît assez facile à expliquer. A l'intérieur, le rail est presque constamment frappé par le rebord des roues; les fibres sont donc poussées de l'intérieur à l'extérieur, et dès-lors, l'élargissement de la surface supérieure du rail ne peut se manifester du côté de l'intérieur de la voie, à moins cependant qu'il ne soit produit par la rupture du champignon, comme nous l'avons expliqué précédemment, en parlant des jantes creuses.

De la déformation dans les courbes.

Nous avons eu souvent occasion de constater que dans les parties où le chemin de fer est en courbes, les déformations sont plus nombreuses que sur les parties où les rails sont en ligne droite, et qu'elles ont principalement lieu à l'extérieur du rail intérieur, résultat précisément contraire à celui produit par l'usure dans les mêmes circonstances *(page* 429). Cette différence nous paraît devoir être entièrement attribuée aux jantes creuses, qui, lors du mouvement transversal éprouvé par les waggons dans le parcours d'une courbe, se placent de manière à reporter tout le poids de la roue sur l'extrémité du champignon.

Nous avons également reconnu :

1° Que les déformations sont moins nombreuses lorsque les rails se trouvent placés dans des tranchées où le soleil ne pénétrant que peu de temps, les effets de la dilatation sont peu considérables;

2° Que les rails sur lesquels les convois circulent dans les deux sens, se déforment beaucoup plus rapidement que les rails sur lesquels la circulation du même tonnage a lieu dans un seul sens.

Le mouvement transversal, ou de lacet, produit par les locomotives, est beaucoup plus dangereux pour les rails que celui déterminé par les waggons de marchandises, car une locomotive pèse au moins trois fois autant qu'un waggon chargé de marchandises, et son mouvement de lacet est presque continuel. Influence des locomotives sur les rails.

Comme l'a fort bien démontré M. Lechatellier, ce mouvement provient du défaut d'équilibre dans les pièces de la locomotive, et de la marche alternative des pistons, qui, agissant l'un après l'autre, sollicitent la partie antérieure de la locomotive à aller successivement de gauche à droite et réciproquement. Ce mouvement dépend en outre de la distance des essieux et du rayon des courbes du chemin; il est beaucoup plus fort lorsque, marchant avec une certaine vitesse, la locomotive parcourt une courbe d'un faible rayon, ou qu'elle passe d'une ligne droite à une courbe. Aussi avons-nous reconnu que les déformations sont beaucoup plus considérables sur les courbes, que sur les lignes droites. A la vérité, ces courbes avaient un rayon dont la longueur variait de 500 mètres à 1,000 mètres.

Lorsque la charge à remorquer se trouve trop considérable pour la force de la locomotive, les roues sont exposées à glisser; elles tournent alors rapidement sur elles-mêmes sans avancer, et les coups de pistons deviennent beaucoup plus rapprochés; les oscillations formant le mouvement de lacet, sont, par conséquent, plus répétées, et le rail se trouve gravement compromis. Grave inconvénient de donner une trop forte charge à une locomotive.

Le même effet a lieu lorsque les rails étant légèrement humides, ou recouverts de verglas, les roues ne trouvent pas assez d'adhérence; ainsi les rails placés dans les percements humides, ou sur les points de dé-

part des locomotives, sont toujours beaucoup plus usés que sur les autres parties du chemin. Dans ces deux cas, les rails sont exposés aux effets du glissement des roues.

Moyens employés pour augmenter l'adhérence des roues.

En versant du sable fin sur les rails, on augmente l'adhérence des roues des locomotives, et alors on parvient à prévenir les effets désastreux du glissement des roues. Ce procédé est fréquemment employé sur le chemin de fer de Saint-Etienne. Il a, selon nous, le grave inconvénient d'augmenter l'usure ordinaire des rails, et de faciliter la détérioration produite par le mouvement de lacet, en donnant plus de prise aux roues. Dans le percement de la Mulatière, où l'on est dans l'usage de verser du sable sur l'une des deux lignes de rails de la voie de remonte, nous avons constaté les faits suivants :

1° Les rails avaient primitivement $0^m,115$ de hauteur (*fig. XVIII, pl.* 6); au bout de dix-huit mois, ils étaient réduits à $0^m,110$ sur la ligne sablée, et à $0^m,112$ sur la ligne non sablée. La différence d'usure est donc de $0^m,002$.

2° La quantité de rails de chaque ligne est de 99; sur la ligne où l'on sable, le nombre des rails retournés par suite de déformation est de 38, tandis que sur l'autre ligne il n'est que de 21.

L'opération de sabler les rails a donc augmenté l'usure et la déformation des rails.

L'observation précédente prouve combien il importe de ne pas employer pour le ballast, du sable assez fin pour être enlevé par le vent et déposé sur les rails, inconvénient, qui, nous a-t-on dit, se remarque sur diverses parties du chemin d'Orléans.

Nous avons vu employer avec beaucoup de succès un autre procédé pour augmenter l'adhésion des roues de locomotives ; l'emploi en serait plus simple que celui du sable. Il consiste à faire arriver devant les roues de la locomotive un jet de vapeur, qui, en frappant la surface de roulage du rail, la met entièrement à nu, et la dépouille des matières qui auraient déterminé le glissement. Mais il vaudrait beaucoup mieux, selon nous, proportionner le poids des convois à la force des locomotives, et surtout tenir toujours compte de l'état de l'atmosphère.

M. Léon Coste, ancien directeur du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, s'est occupé de rechercher quelle pouvait être l'influence des locomotives sur la mise hors de service des rails, et il est arrivé aux conclusions suivantes : « Sur un chemin de fer à rails pesant 13 kilog. » *(fig. X, pl. 5)*, où la marchandise est transportée dans » des waggons non suspendus pesant, étant chargés, » 4,500 kilog., et vides, 1,300 kilog. ; sur lequel on » emploie la gravité comme moteur à la descente sur » un plan incliné de 0^{m},114 par mètre, avec une vitesse » de 20 à 24 kilomètres, et où la remonte est faite par » des chevaux marchant au pas à la vitesse de 3 kilomè- » tres ; sur lequel le tonnage à la descente est six fois » plus considérable qu'à la remonte, on use un rail de » 4^{m},60 de longueur pour 5,332 tonnes transportées à » 1 kilomètre. Si, dans les mêmes circonstances, le » chemin de fer est horizontal, et si l'on emploie la va- » peur comme moteur, l'usure des rails devient quatre » fois plus rapide (*). »

(*) Le travail dont nous donnons ici un extrait a été publié dans

La majeure partie des déformations commence entre les points d'appui.

Nous avons dit, en commençant cet article, que la plupart des déformations commençaient dans les parties comprises entre les points d'appui. Il nous paraît facile de se rendre compte des causes de cet effet : lors du passage de chaque roue, il y a toujours dans cette partie du rail une légère flexion. Or, quelque minime que soit cette flexion, elle suffit, étant fréquemment répétée, pour déterminer petit à petit la séparation des fibres du fer, et dès-lors, l'action du laminage produit par le mouvement transversal des roues, a beaucoup plus d'effet en ce point que sur toute autre partie du rail.

M. Minard, dans ses *Leçons sur les Chemins de fer* (page 64), explique ce fait de la manière suivante :

« Considérons un waggon qui descend dans l'angle » formé par deux plans inclinés opposés. Au moment où » les roues rencontrent le plan sur lequel elles mon- » tent, il supporte, outre le poids du waggon, l'action » de la composante de la vitesse perpendiculaire à ce » plan, action d'autant plus forte que la vitesse est plus » grande. Quoique la déformation d'un rail qui a fléchi » ne présente pas un angle aussi prononcé, il y a action » semblable du waggon sur la partie du rail où il va » monter; dans le cas où la courbure est irrégulière, il » y a un surcroît de pression dû à la force centrifuge, » qui augmente comme le carré de la vitesse.

» Avec les ondulations et les vitesses qui ont lieu quel- » quefois, le poids des masses roulantes est presque » doublé ; ainsi, en supposant que la courbure soit

---

le *Journal de l'industriel et du capitaliste*. Depuis on a augmenté la force des différentes pièces composant la charpente des waggons, et le poids de 1,300 kilog. s'est alors élevé en moyenne à 1,400 kil.

» celle d'un arc de cercle de $0^m,002$ de flèche et de » $0^m,90$ de corde, dont le rayon est de 50 mètres » l'augmentation de pression due à la force centrifuge, » pour une vitesse de 20 mètres, serait

» $\frac{v^2}{gr} = \frac{(20)^2}{9,80 \times 50} = 0,81$ du poids roulant. »

» Il peut y avoir des circonstances où la grande vitesse » fait tomber les roues sur le milieu de l'intervalle des » appuis. Supposons : 1° que le premier *stone* après » celui du joint, se soit enfoncé, et que le rail courbé » ait baissé à ce point de 0^m003 ; 2° que l'extrémité du » rail précédent dépasse celle du rail courbé de $0^m,002$. » Si la vitesse est de 13 à 14 mètres, la roue, après » avoir quitté le rail élevé, s'avancera sans toucher le » rail courbé, jusqu'à ce qu'elle tombe sur lui à envi- » ron $0^m,38$ du joint, distance de l'intersection de la » parabole décrite par la roue, avec la courbure du rail » supposée un arc de cercle.

» Une autre disposition qui produit le même effet, est » celle où le stone de joint est plus élevé que les deux » stones adjacents ; la roue, dans le cas d'une très » grande vitesse, s'élève en quittant le joint, et retombe » sur le rail un peu plus loin. »

Nécessité d'éviter la flexion des rails.

Des observations précédentes, résulte la nécessité de donner aux rails toute la rigidité possible, soit en augmentant le nombre des points d'appui, soit en donnant aux rails une plus grande hauteur, soit enfin, en prenant toutes les précautions possibles pour éviter le tassement des dés ou des traverses.

Quant aux déformations qui se manifestent aux extrémités des rails, elles sont en général le résultat du procédé vicieux employé dans la plupart des usines, pour

couper les rails (*note I*). Elles peuvent aussi être attribuées en partie à un manque de soins de la part des cantonniers, qui ne font pas attention que les supports placés sous les jonctions de rails, demandent plus d'entretien que les supports intermédiaires.

De la rupture des rails.

Lorsque la rupture des rails ne provient pas d'un vice de fabrication, elle est en général produite par les chocs des roues dont la jante, usée inégalement, présente des facettes assez prononcées; circonstance très fréquente lorsqu'on est obligé de faire souvent usage des freins.

La rupture des rails peut également être occasionnée par des roues de locomotives, dont le rebord ou boudin, soit par défaut de fabrication, soit par usure de la jante, devenant trop élevé, est obligé de monter sur les joues des chairs. Dans cette circonstance, la locomotive est soulevée au-dessus du rail, et produit un choc qui détermine la rupture. Le même effet peut avoir lieu si la roue est placée sous un waggon fortement chargé.

Souvent, nous avons eu occasion de constater des ruptures produites par les effets dont nous venons de parler. Ainsi, le 21 décembre 1840, une locomotive dont la jante de l'une des roues présentait des facettes assez fortes pour que la partie correspondante du rebord vînt toucher les chairs, détermina, dans un seul voyage, la rupture de quarante-deux rails. Le 26 août 1841, une autre locomotive dont les roues se trouvaient dans les mêmes conditions, fit rompre trente-quatre rails. Enfin, en octobre 1848, une locomotive nous a rompu soixante-un rails, en moins de trois jours de marche, par suite du mauvais état du bandage de l'une de ses roues.

Chacune des deux premières locomotives pesait en-

viron 12 tonnes ; la troisième pouvait peser 13 tonnes. Quant aux rails, les premiers étaient entièrement semblables à ceux d'Irigny (*page* 403), et les autres, ceux rompus en octobre 1848, en différaient par la hauteur, qui était de $0^m,093$, au lieu de $0^m,085$.

Presque toutes les ruptures que nous avons eu occasion de constater, avaient eu lieu à $0^m,45$ de l'extrémité du rail. Ce fait vient à l'appui des expériences de M. Barlow (*p.* 82 *et* 109), et confirme l'exactitude des calculs de M. Minard, calculs que nous avons cités plus haut, et d'après lesquels, dans certaines circonstances qui peuvent se présenter assez souvent, les roues produisent un choc à environ $0^m,38$ du joint des rails. Ce fait prouve également combien la portée près les joints, est plus fatiguée que les autres, et la nécessité de lui donner moins de longueur qu'aux portées intermédiaires.

Un dé, ou une traverse de joint mal calés, peuvent déterminer la rupture d'un rail, en mettant en porte-à-faux l'une de ses extrémités. Cet effet a lieu surtout après de longues pluies, et à la suite de fortes gelées qui, en durcissant le ballast, ne permettent pas de caler convenablement les dés ou les traverses, qui peu à peu se sont affaissés. Nous ferons, du reste, observer que ce défaut dans la pose, est toujours facile à reconnaître. Il n'est pas nécessaire pour l'apercevoir, d'attendre le passage d'un convoi ; l'aspect du sol l'indique suffisamment, surtout après la pluie.

Nous avons trouvé quelquefois des rails cassés en trois morceaux, après le passage d'un convoi ; mais ces doubles ruptures sont heureusement très rares.

Quant aux ruptures provenant des défauts de fabrication, elles ne présentent aucun danger, parce qu'en gé- Ruptures provenant des défauts de fabrication.

néral elles se manifestent pendant la pose de la voie, lors du passage des waggons servant au transport des matériaux.

Autre cause de la rupture.

MM. Savart et Boquillon ont remarqué que les métaux les plus fibreux passent, avec le temps, à l'état cristallin, et présentent alors beaucoup moins de résistance à la rupture. Cette transformation est d'autant plus rapide, que les pièces de métal sont soumises à des vibrations plus fréquemment répétées et plus énergiques. Nous avons eu occasion de reconnaître l'exactitude de cette observation, en examinant des ruptures d'essieux, et celles des tiges de suspension du pont provisoire construit à la Mulatière, à la suite de l'inondation de 1840. Toutes ces ruptures présentaient une cassure à facettes très prononcées, et cependant le fer, surtout celui des tiges de suspension, était primitivement très nerveux et de première qualité.

Ce changement de nature ne doit-il pas avoir également lieu pour les rails qui sont précisément dans les conditions les plus favorables à cette transformation? Nous en doutons d'autant moins, que toutes les ruptures de rails posés depuis plusieurs années, nous ont toujours présenté de larges facettes, et que, comme nous l'avons fait observer à l'occasion de l'influence de l'état des jantes, nous avons reconnu que les rails perdent peu à peu leur élasticité, et deviennent de plus en plus cassants.

Cette perte d'élasticité est un fait grave qui doit motiver la mise hors de service, afin de prévenir les funestes conséquences de déraillements produits par la rupture des rails.

Lorsque les rails sont peu déformés, on peut leur ren-

dre toute leur élasticité première en les faisant recuire. Il suffit pour cela de les exposer pendant deux heures à une chaleur suffisante pour les faire arriver au rouge-brun, puis on les laisse refroidir lentement. Cette opération, qui se fait facilement au moyen de deux fours contigus, a d'abord été appliquée en Angleterre, aux essieux. Importée en France par M. Gervoy, directeur du chemin de fer de Saint-Etienne, elle a été appliquée avec plein succès à 11,693 rails rectangulaires, qui, devenus très cassants, ne pouvaient plus, sans danger, rester sur la voie. Cette opération nous est revenue à 30 centimes par rail.

Différence d'usure des rails selon que la pose est faite sur dés ou sur traverses.

Les rails s'usent-ils plus lorsqu'ils sont posés sur des dés que quand ils sont fixés sur des traverses en bois? Cette question est d'une grande importance pour l'avenir des chemins de fer. Nous allons donner quelques documents qui pourront mettre à même de la résoudre.

En juin 1839, on posa sur la ligne droite de la plaine d'Ivours, 1 kilomètre de rails sur traverses. Ces rails étaient semblables à ceux placés sur la voie de remonte à Pierre-Bénite *(page 418)*; leur section est représentée par la fig. I, pl. 5.

Les traverses étaient en chêne; elles avaient $2^{m},00$ de longueur sur $0^{m},15$ de hauteur et $0^{m},25$ de largeur; elles reposaient sur un remblai formé de graviers. A 3,000 mètres plus loin, on posa une longueur de 1 kilomètre entièrement sur dés, présentant les mêmes longueurs de portées que les traverses.

En juin 1847, c'est-à-dire huit ans après la pose, nous avons examiné ces rails, et nous avons trouvé que le nombre de rails déformés était un peu moins considé-

rable sur les traverses que sur les dés. Le fait suivant indiquerait un résultat tout-à-fait contraire.

Sur l'ancien pont en charpente de la Mulatière, comme sur celui en fonte construit depuis peu, les rails rectangulaires et les rails à double champignon ont présenté une durée bien moins grande que sur toute autre partie du chemin. Sur ces ponts, les rails reposaient sur des traverses; ils étaient en outre soumis aux vibrations produites par la flexibilité du pont; ils se trouvaient, par conséquent, dans les conditions les plus favorables pour produire cette élasticité que beaucoup d'ingénieurs regardent comme l'un des principaux avantages des traverses, et, en effet, la circulation y était très douce. Mais cette élasticité a été précisément la cause de la prompte détérioration des rails, dont les fibres soumises à une plus grande quantité de vibrations, se sont désunies plus rapidement.

Le fait que nous venons de signaler est tout-à-fait opposé à l'opinion généralement admise, qu'il faut procurer aux rails toute l'élasticitié possible; l'expérience démontrerait qu'il faut, au contraire, donner aux rails la plus grande rigidité, afin d'éviter les effets désastreux des vibrations et des flexions réitérées.

Nous examinerons, dans la note *H*, les avantages et les inconvénients que présentent les traverses et les dés, sous le double rapport de l'entretien et des frais de premier établissement.

De la nature du fer destiné à composer des rails.

Nous terminerons cette note en faisant observer que la nature du fer influe, sans aucun doute, sur l'usure et la déformation. Ainsi, nous avons vu des rails de mêmes dimensions, qui, fabriqués dans deux usines différentes, ne présentaient pas la même durée de service. Les uns,

composés de fer dur et cassant à froid, résistaient beaucoup moins à la déformation que les autres dont le fer était plus doux et mieux corroyé.

Règle générale, le fer doit être en même temps dur, non cassant à froid, et surtout très tenace. Cette dernière qualité est très importante, puisque c'est d'elle que dépend la résistance à la déformation.

Nous ferons en outre observer que le fer qui résiste le mieux à la pression, donne, pour les chocs, les plus grandes flèches, tant que l'élasticité reste intacte; et que, quand il y a altération de l'élasticité, ce même fer résiste moins aux chocs que le fer doux qui plie davantage sous la pression. Par conséquent, du moment où des rails résistent convenablement à des chocs équivalents à ceux qui pourraient être produits par les locomotives, ils sont préférables à des rails en fer doux qui ne casseraient pas sous de plus grands chocs, mais qui fléchissant davantage sous la pression, seraient déformés et mis hors de service plus rapidement.

Pour les rails d'uniforme épaisseur, le fer peut être moins bon que pour les rails d'une autre forme. En effet, il suffit pour les rails d'uniforme épaisseur, que le fer ne soit pas cassant à froid. Il n'en est pas de même pour les rails en U renversé; il est évident que cette forme exige du fer d'une nature toute particulière, et que sa fabrication doit présenter plus de difficultés. Les rails d'uniforme épaisseur n'exigent pas d'aussi bon fer que les autres rails.

La durée des rails étant très limitée, on doit, dans le choix des usines et de la qualité du fer, tenir compte : 1° de la valeur que l'on pourra retirer des rails, lorsque, devenus hors de service, on les revendra comme vieux fer; 2° du plus ou moins de facilité qu'on éprouvera à faire cette vente par suite de la réputation des produits Considérations dont on doit tenir compte lors du choix des usines.

de l'usine qui aura fabriqué les rails. Négliger cette double considération, serait bien évidemment s'exposer à de fortes pertes lors du renouvellement des rails.

Rails en acier fondu.

Nous avons essayé sur le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, des rails en acier fondu, ayant la forme de l'U renversé; nous en donnons la section, fig. X, pl. 13. Malheureusement, ces rails avaient été très mal posés, ainsi que nous l'avons expliqué *(page 377)*, force nous fut de faire cesser cette expérience au bout de deux années seulement, et, par conséquent, avant le temps nécessaire à une épreuve convenable.

L'acier fondu serait, sans aucun doute, beaucoup plus résistant à toute déformation, il aurait donc une plus grande durée de service; mais, d'un autre côté, on doit tenir compte de son extrême élasticité, qui nécessiterait des supports plus rapprochés; puis on doit observer que sa surface de roulage ne tarderait pas à prendre un poli sur lequel les roues des locomotives auraient bien moins d'adhérence que sur des rails en fer.

NOTE *D*.

DE LA FORME LA PLUS CONVENABLE A DONNER A LA SECTION DES RAILS EN FER FORGÉ.

En lisant le chap. II du livre 2 *(page* 200 *et suiv.)*, on a dû remarquer que M. Wood envisage l'importante question de la meilleure forme à donner à la section transversale des rails, seulement sous le rapport de la résistance à la flexion. Ainsi, le but de ses recherches est réellement celui-ci : *La quantité de fer à employer étant donnée, trouver la section qui présente le plus de rigidité.*

Dans la recherche de la meilleure forme à donner aux rails, on doit tenir compte de la résistance à la déformation.

Quant aux conditions que la section devra remplir pour que le rail résiste suffisamment à la déformation, M. Wood n'en tient aucun compte.

M. Barlow, dans son travail sur le même sujet, ne s'est également occupé que de la résistance à la flexion; et cependant, comme nous l'avons fait observer précédemment *(note C, p.* 387), la déformation est bien certainement, pour les rails, la principale cause de leur mise hors de service; aussi pensons-nous que pour arriver à une heureuse solution du problème dont nous nous occupons, celui de *trouver la meilleure forme à donner à la*

section transversale des rails, il est nécessaire de suivre la marche suivante :

Marche à suivre pour trouver la meilleure forme à donner aux rails.

1° Chercher la forme la plus convenable à donner aux rails.

2° La forme de la section étant arrêtée, déterminer les dimensions de cette section, de manière que le rail puisse résister convenablement à la flexion et aux chocs produits par les roues des locomotives.

Conditions que doit remplir la section d'un rail.

La forme la plus convenable devra évidemment satisfaire aux conditions suivantes :

1° Offrir la plus grande résistance aux causes de déformations ;

2° Rendre l'entretien de la voie facile et le moins coûteux possible ;

3° Présenter le moins de chances à la détérioration du matériel.

Afin de mettre à même de résoudre la première partie de ce programme, nous allons examiner les avantages et les inconvénients que nous paraissent devoir présenter les différentes formes données en général à la section transversale des rails.

Description des diverses espèces de rails employés sur les chemins de fer.

Les rails employés sur les chemins de fer autres que ceux destinés à l'exploitation des mines, peuvent, quant à la forme de leur section transversale, être divisés en six catégories, savoir :

1° Les rails simple T ; ils n'ont qu'un seul champignon.

2° Les rails double T ; ils ont deux champignons.

3° Les rails rectangulaires, ou d'uniforme épaisseur.

4° Les rails américains.

5° Les rails en U renversé.

6° Les rails dits *rails Barlow*.

Pour l'exploitation des mines et des carrières, on fait encore usage de rails en bois et de rails formés d'une bande de fer fixée, soit sur des longrines, soit sur des traverses. On trouvera dans le livre II, chap. Ier *(p. 157 et suiv.)* tous les détails qu'on pourrait désirer sur ces différents systèmes. Il en est de même pour la question de la section longitudinale des rails, et de la préférence à donner aux rails en fer forgé sur ceux en fonte.

La surface de roulage des rails doit-elle être plane ou bombée? Sur beaucoup de chemins de fer, la surface plane a été adoptée; elle présente les inconvénients suivants : Forme à donner à la surface de roulage.

1° Pour faciliter la circulation dans les courbes, on donne en général aux jantes des roues une forme conique; il en résulte que, dans certains moments, tout le poids des roues porte sur l'extrémité de la surface de roulage du rail, et l'écrase. Inconvénients des rails à surface plane.

2° Le rayon sur lequel roulent les roues, ne pouvant être constant, l'essieu prend un mouvement perpendiculaire à la voie, et, si les boîtes à graisse ne sont pas disposées de manière à ce qu'il puisse avoir la faculté de se mouvoir dans le sens de sa longueur, il imprime au chariot un mouvement transversal ou *de lacet,* extrêmement fatiguant pour les voyageurs, et qui a en outre le grave inconvénient de hâter la dislocation du matériel.

Plusieurs ingénieurs ont attribué ce mouvement de lacet en grande partie à la forme de la partie supérieure des rails. M. Lechatellier (*) cite à l'appui de cette opinion le fait suivant : Mouvement de lacet.

» Le mouvement de lacet des machines et des voitu-

(*) *Chemins de fer d'Allemagne*, page 176.

» res, très fort lorsque les trains marchent à grande vi-
» tesse sur la ligne de Corbeil, entre Paris et Juvisy, cesse
» sur la ligne d'Orléans, si ce n'est pour les voitures qui
» l'engendrent par suite d'une mauvaise construction.
» La voie de Corbeil est construite avec des rails plats;
» celle d'Orléans, à partir de Juvisy, avec des rails à sur-
» face bombée. Le jeu de la voie sur la première, est
» d'environ 2 centimètres; il a été porté à 3 centimètres
» sur la seconde. »

L'expérience démontre journellement le contraire sur le chemin de fer de Saint-Etienne; ainsi, le mouvement de lacet y est entièrement inconnu pour les voitures de voyageurs comme pour les waggons de marchandises; et cependant, un tiers des rails seulement, a la surface de roulage légèrement bombée; les deux autres tiers ont une surface parfaitement plate. Cette absence du mouvement de lacet sur le chemin de Saint-Etienne, ne pourrait-elle pas être attribuée aux causes suivantes?

1° Les essieux ont la faculté de se mouvoir dans le sens de leur longueur; eux seuls, par conséquent, éprouvent le mouvement transversal sans le transmettre à la caisse de la voiture.

2° La conicité des jantes est très faible; elle n'est que de $\frac{1}{20}$, tandis que sur le chemin de Versailles (rive gauche), où le mouvement de lacet est très marqué, la conicité est de $\frac{1}{12}$; sur le chemin de Bâle à Strasbourg, elle est seulement de $\frac{1}{25}$ (*).

(*) Au chemin de fer du Nord, on a augmenté le lacet en augmentant de un 20e à un 10e la conicité d'une des paires de roues d'une locomotive Crampton. (*Société des ingénieurs civils*, *séance du 1er octobre* 1852.)

Ne pourrait-il pas se faire aussi que, sur les autres chemins de fer, le mouvement de lacet imprimé à la locomotive par les pistons (*), et le manque d'équilibre des principales pièces du mécanisme se transmît aux diligences, et cela avec d'autant plus de force, que les moyens de réunir les diligences entre elles seraient plus rigides, et que les voitures seraient plus nombreuses?

Il en serait alors d'un convoi, comme de ces serpents composés de lames de bois réunies par un morceau de toile, et qui servent de jouet aux enfants. Le moindre mouvement imprimé à la queue, fait produire à tout le serpent un véritable mouvement de lacet. Le fait est que dans les anciennes voitures du chemin de Saint-Etienne, le moyen employé pour les réunir ne permettait aucune transmission de mouvement transversal ; dans celles nouvellement construites, la jonction de la première voiture au tender, a lieu au moyen d'une simple chaîne, et dès-lors, les oscillations de la locomotive ne peuvent être transmises aux voitures formant le convoi.

Inclinaison des rails.

Pour obvier aux inconvénients de la surface plane des rails, on donne souvent à cette surface une inclinaison égale à celle des jantes. Cette inclinaison s'obtient, soit par une entaille dans les traverses, soit en inclinant le rail dans les chairs, soit enfin en disposant la surface supérieure du rail de manière qu'elle fasse un certain angle avec la tige. Telle est, par exemple, la forme du rail Prévost *(fig. XX, pl.* 7), et du rail en U renversé adopté par M. Tourneux pour le chemin de fer de Blesme à Gray *(fig. V, pl. 14)*.

Sur le chemin de fer de Londres à Birmingham, le

(*) Voir page 433.

rail est incliné de $\frac{1}{20}$ dans le chair ; la même inclinaison a été adoptée pour les rails en U renversé, employés sur les chemins de fer d'Irlande.

En Allemagne, on a fait varier cette inclinaison de 0 à $\frac{1}{16}$; sur le chemin de fer de Marseille à Avignon, les chairs sont entaillés dans les traverses, de manière que la surface supérieure du rail forme un angle de $\frac{1}{16}$. Sur la plupart des autres chemins de fer de France, l'inclinaison est de $\frac{1}{20}$; elle a lieu dans le chair même.

En donnant l'inclinaison dans l'intérieur du chair, il est beaucoup plus facile d'obtenir une voie régulièrement posée, que quand on détermine l'inclinaison du rail en entaillant le chair dans les traverses. Nous ferons toutefois observer, que l'inclinaison ayant lieu du côté de l'intérieur de la voie, il faudrait, pour qu'elle fût exactement conservée, que les coins fussent placés en dedans et non en dehors de la voie.

L'inclinaison des rails à surface plane ne peut produire un effet réellement utile que quand elle est égale à celle des jantes des roues, et que ces deux inclinaisons sont déterminées d'après la longueur du rayon des courbes de la voie, condition qui suppose que toutes les courbes ont à peu près le même rayon, tandis que le contraire a presque toujours lieu. On doit observer en outre, que l'usure ne tarde pas à modifier fortement la surface des jantes, et qu'alors l'égalité d'inclinaison n'a plus lieu. Ce moyen est donc loin d'atteindre complètement le but qu'on s'était proposé.

Avantages de la forme bombée.

Il n'en est pas de même lorsqu'on donne à la surface de roulage une forme bombée ; aussi cette forme est-elle maintenant préférée sur presque tous les nouveaux chemins. Elle reporte la charge sur l'axe du rail, et dès-

lors, les extrémités de la surface supérieure ne sont plus exposées à être écrasées. On a objecté contre cette forme, que, par l'usure, le bombement ne tarderait pas à disparaître, et qu'alors on retomberait dans tous les inconvénients des rails à surface plane. Nous répondrons à cela que, très probablement, les rails seront mis hors de service avant l'entière usure du bombement.

En résumé, nous considérons la forme légèrement bombée comme préférable à la forme plate, lors même que cette dernière serait inclinée vers l'intérieur de la voie.

Inconvénient du champignon en général.

Si l'on examine une roue passant sur des rails à champignon, il sera facile de reconnaître que les parties du rail les plus exposées aux déformations, sont les deux extrémités du champignon. Ces deux parties formant saillie sur la tige du rail, ne sont pas suffisamment soutenues, et ne peuvent supporter le poids des roues lorsque la jante, soit par un mouvement de lacet, soit par une usure inégale dans sa surface, vient à reposer sur elles. Ainsi, sur le rail double T employé au chemin de fer de Saint-Etienne (*fig. XVIII*, *pl.* 6), nous avons vu plusieurs fois la partie saillante du champignon se détacher du rail sur toute la longueur, de $4^{m},60$; mais, en général, elle se détache par parties de $0^{m},30$ à $0^{m},40$ de longueur. Evidemment, cet effet désastreux est moins fréquent lorsque la surface du rail est bombée; elle n'a lieu alors que dans le cas où la jante est en mauvais état.

Ainsi, les rails à champignon sont exposés, non-seulement aux déformations résultant du laminage déterminé par le mouvement transversal des roues (*), mais

(*) Voir note C, page 433.

encore ils peuvent être mis hors de service par l'écrasement de la partie saillante du champignon. A l'appui de cette opinion, nous allons citer des faits.

Sur le nouveau pont de la Mulatière, une voie, composée de 125 rails à double champignon et de 0^m,115 de hauteur, fut posée le 6 octobre 1844 *(fig. XVIII, pl. 6)*. Le 9 mars 1846, on remplaça ces rails; ils n'étaient restés en place que pendant dix-sept mois seulement, et comme il n'y avait qu'une seule voie, ils avaient servi à la circulation des convois en remonte et de ceux en descente. Les waggons de marchandises étaient remorqués par des chevaux marchant au pas; les voitures de voyageurs étaient seules remorquées par des locomotives.

Observations faites sur les rails du pont de la Mulatière.

Sur les 125 rails, on en avait déjà retourné 41, et 2 avaient été remplacés; sur les 41 rails, il s'en trouvait 34 hors de service; 89 rails ont ont été replacés sur les voies principales.

Sur les 89 rails reposés, il y en avait environ 60 en parfait état; les autres ont été retournés en les mettant en place.

Les 41 rails endommagés ont donné lieu aux observations suivantes :

Nos

1. Boudin enlevé sur 0^m,28 de longueur.
2. Boudin fendu sur 2^m,60 de longueur, à partir de 0^m,50 de l'une des extrémités du rail.
3. Boudin fendu sur 2^m,10 de longueur, à partir de l'une des extrémités.
4. Boudin fendu sur toute la longueur du rail.
5. A 1^m,20 de l'une des extrémités, le boudin est fendu sur 0^m,91 de longueur.

6. Boudin attaqué à l'une des extrémités, en trois endroits. (Ce rail peut être employé de nouveau en le retourn.)
7. Boudin fendu sur 1^{m},60, à 2^{m},00 de l'une des extrémités.
8. Portion de boudin enlevée sur 2^{m},45 de longueur, à 0^{m},30 de l'une des extrémités.
9. Boudin enlevé sur 0^{m},40 de longueur, à l'une des extrémités.
10. Le boudin commence à se fendre sur 1^{m},50, à partir de l'une des extrémités.
11. Le boudin est fendu dans toute la longueur du rail.
12. Le boudin est fendu et déchiré sur 1^{m},40 de longueur, à 1^{m},10 de l'une des extrémités.
13. Le boudin est fendu sur 2^{m},50, à partir de l'une des extrémités.
14. Le boudin est fendu sur 3^{m},50, à partir de l'une des extrémités.
15. A l'une des extrémités du rail, le boudin est fendu sur 0^{m},50 de longueur. Il est en outre fortement attaqué en deux autres endroits, et l'on aperçoit des traces d'une prochaine fente.
16. Ce rail a été retourné, le boudin de l'une des faces est fendu sur 0^{m},10, à partir de l'une des extrémités; l'autre face est intacte.
17. Sur 1^{m},50, à partir de l'une des extrémités, le boudin commence à se fendre; à 0^{m},30 de l'autre extrémité, et sur une longueur de 0^{m},60, la surface supérieure du rail s'est élargie, une nouvelle fente paraît très probable en cet endroit.
18. Le boudin est fendu dans toute la longueur du rail.
19. Commencement de fentes sur plusieurs points, et fente de 0^{m},50 de longueur, à 1^{m},00 de l'une des extrémités. Ce rail peut être retourné.

20. Fente de $1^m,50$ de longueur à $1^m,00$ de distance de l'une des extrémités du rail.

21. Boudin fendu sur $2^m,00$ de longueur, à partir de l'une des extrémités du rail.

22. Ce rail présente un écrasement de $0^m,25$ de longueur; les deux boudins se sont séparés de $0^m,035$, de manière que la surface du rail a $0^m,09$ au lieu de $0^m,055$.

23. Sur $2^m,00$ de longueur, et à partir de l'une des extrémités, on aperçoit un commencement de fente. Ce rail peut être employé en le retournant.

24. Vers le milieu du rail, le boudin est fendu sur $0^m,60$ de longueur.

25. A $0^m,20$ de l'une des extrémités, le boudin est enlevé sur $0^m,30$ de longueur; dans une autre partie, il est fortement écrasé sur une longueur de $0^m,20$.

26. A l'une des extrémités, on remarque une fente de $0^m,20$ de longueur.

27. Le boudin est fendu sur $1^m,00$ de longueur, à $1^m,10$ de l'une des extrémités.

28. Le boudin est fendu sur $2^m,00$ de longueur, à $1^m,00$ de l'une des extrémités. La fente a $0^m,01$ de largeur.

29. Le boudin est fendu sur $1^m,20$ de longueur, à $1^m,00$ de l'une des extrémités du rail.

30. A $1^m,60$ de l'une des extrémités du rail, et du côté extérieur de la voie, le boudin est enlevé sur $1^m,70$ de longueur. Le côté intérieur est légèrement attaqué sur $0^m,20$ de lougueur.

31. Le boudin est fendu sur $0^m,50$ de long, enlevé sur $0^m,30$, puis fendu sur $0^m,70$.

32. A $0^m,20$ de l'une des extrémités, la surface de roulage est applatie, et présente sur $0^m,22$ de longueur, un

élargissement qui est de 0^{m},01 pour le côté intérieur de la voie, et de 0^{m},02 pour le côté extérieur.

33. Ce rail est fendu aux deux extrémités sur 0^{m},20 et 0^{m},30 de longueur.

34. Le boudin est fendu sur 3^{m},70, à 0,50 de l'une des extrémités.

35. A 1^{m},00 de l'une des extrémités, le boudin est attaqué sur 0^{m},20 de longueur. Ce rail est du reste en bon état et peut être replacé.

36. A partir de l'une des extrémités, le boudin est fendu sur 0^{m},60 de longueur.

37. Le boudin est fendu sur 0^{m},70 de longueur, à partir de 0^{m},20 de l'une des extrémités.

38. A partir d'une extrémité, et sur 3^{m},50 de longueur, le boudin est fendu; vers le milieu du rail, il y a séparation du boudin et écrasement. La fente est beaucoup plus prononcée en ce point.

39. A l'une des extrémités, et sur 1^{m},00 de longueur, le boudin est fendu; la fente vers sa naissance a 0^{m},002 de largeur; l'autre extrémité est fendue sur 0^{m},020 de longueur. Ces deux fentes ont eu lieu sans écrasement et sans que les arêtes extérieures fussent altérées.

40. L'arête du boudin a été enlevée sur 1^{m},00 de longueur, à partir de l'une des extrémités du rail.

41. Vers le milieu du rail, il y a écrasement; à l'une des extrémités, le boudin est attaqué sur 0^{m},20, et à l'autre sur 0^{m},30 de longueur.

Chacun des rails reposait sur six chairs; le nombre des portées était, par conséquent, de cinq, dont deux, les extrêmes, avaient 0^{m},80 et les trois autres chacune 1^{m},00.

Les rails d'Irigny et de Pierre-Bénite *(page 424)* étaient supportés chacun par cinq chairs seulement.

Les transports opérés sur ces rails peuvent être évalués ainsi :

1° *A la descente.*

		kilogr.
191,850	waggons chargés de charbons ou de marchandises ordinaires. Chacun de ces waggons pesait en moyenne 4,500 kilog., ci.	863,325
1,042	fourgons de marchandises à grande vitesse, à 6,800 kilog. l'un, ci. . .	7,085
2,650	locomotives à 19 tonnes, y compris les tenders.	50,350

2° *A la remonte.*

191,850	waggons vides, à 1,400 kilog.. . .	268,590
	Marchandises ordinaires.	38,801
1,042	Fourgons de marchandises à grande vitesse, à 6,800 kilog. l'un. .	7,085
2,650	locomotives comme ci-dessus. . .	50,350
615,000	voyageurs, tant en remonte qu'en descente, pesant chacun, y compris le poids de la diligence, 247 kilog., ci	151,905
	Total	1,437,491

Nous citerons encore le fait suivant :

Observations faites sur d'autres rails.

De Saint-Etienne à Rive-de-Gier, les deux voies formant un plan incliné de $0^m,014$ par mètre, sont posées en rails à double champignon *(fig. XVIII, pl.* 6). Chacun de ces rails repose sur six chairs, comme l'indique la fig. XIII, pl. 13. Il résulte d'une reconnaissance faite

le 1er juin 1847, que sur une longueur de 5 kilomètres, faisant partie de la voie de descente, on a trouvé, sur 2,174 rails, 199 rails qui avaient été retournés par suite de déformations du champignon. Ces rails avaient été posés en juillet 1843, et peuvent être considérés comme ayant servi pendant quarante-sept mois. Le tonnage qu'ils ont supporté est composé ainsi qu'il suit :

		tonnes
437,213	waggons descendant par la gravité, et pesant, y compris le charbon, 4,500 kilog.	1,967,458
2,860	fourgons de marchandises circulant la nuit, et dont le poids est de 6,800 kilog.	19,448
350,000	voyageurs pesant 247 kilog. chacun, y compris le poids de la diligence	86,450
4,000	locomotives et tenders, qui, après après avoir été employés à la remonte des voyageurs, sont descendus à vide, et dont le poids est de 19 tonnes	76,000
	Depuis le 1er mai 1844, les waggons de marchandises, ainsi que les waggons vides, ont été remontés par les locomotives *Verpilleux* (*), qui ensuite sont descendues à vide; le nombre de ces locomotives peut être évalué à 13,000, et leur poids, y compris le tender, à 25,600 kilog., soit. .	332,800
	Total du tonnage . . .	2,482,156

(*) Ces locomotives ont quatre cylindres dont deux sous la loco-

Enfin, nous rappellerons le résultat de l'examen fait sur 1,290 rails double T, et que nous avons donné précédemment. *(Note C, page 425.)*

Les faits que nous venons de signaler suffiront, sans doute, pour prouver combien le champignon influe sur la prompte mise hors de service.

Les extrémités des champignons ne présentent pas autant de ténacité que les autres parties.

M. Coste, dans un article publié par le journal *l'Industriel* (mars 1846), fait observer qu'il résulte des procédés employés pour fabriquer les rails, que les rebords des champignons sont loin de présenter autant de ténacité que les autres parties.

A l'appui de son opinion, M. Coste donne les détails suivants :

« Le paquet de fer destiné à être étiré en rails est d'abord passé sous un cylindre dégrossisseur, à cannelures gothiques, et transformé en une barre d'une section à peu près carrée, dont le côté est moindre que la hauteur du rail, et quelquefois moindre que la largeur du champignon. Ces conditions sont même nécessaires, autrement le laminage exigerait une force double peut-être de celle qu'on emploie ordinairement; on s'exposerait à briser des cylindres, et le prix du fer deviendrait, en conséquence, trop élevé. Il en résulte qu'en traversant les cannelures du cylindre finisseur, le fer n'est bien comprimé que dans la partie mince du rail, mais qu'il est refoulé dans toutes les parties arrondies et saillantes; toutes les parties

---

motive et les deux autres sous le tender. Ces derniers sont alimentés par la chaudière de la locomotive. Le poids total est de 25,600 kil., dont 14,600 pour la locomotive et 11,000 pour le tender, eau et coke compris.

» de la barre ne présentent donc pas la même compres-
» sion, et si l'on brise un rail à champignon, on re-
» marque que la partie mince est d'un grain bien plus
» serré et bien plus homogène que le champignon qui,
» le plus souvent, laisse voir des portions creuses ou
» mal soudées.

» Il faut se rappeler, en outre, que les difficultés de
» fabrication augmentent avec le poids du rail, et qu'une
» grosse barre présente intérieurement plus de défauts
» qu'une barre moindre. Ces défauts seront encore plus
» considérables dans un champignon mal comprimé
» dans le laminage, que dans une barre ordinaire.

» Deux ingénieurs d'une grande expérience, MM. Wood
» et Storey, ont proposé de remédier à cet inconvénient
» en exécutant le champignon avec un seul morceau de
» fer martelé. Ce procéde consisterait donc à recouvrir
» le paquet à laminer avec un morceau de fer martelé,
» ayant à peu près le tiers du poids de la barre, et de
» diriger le laminage de façon à exécuter le champignon
» avec ce morceau dont l'intérieur aurait été reconnu
» très homogène.

» Ce procédé n'est pas sans difficulté; les fers de qua-
» lités différentes doivent être réchauffés à des tempéra-
» tures différentes; le fer martelé exige généralement
» plus de chaleur que le fer laminé; ainsi, lorsque la
» température sera convenable pour une partie du pa-
» quet, l'autre partie sera brûlée ou trop froide, et le
» champignon sera mal soudé au reste de la barre.

» J'ai fait à ce sujet de nombreuses expériences, et
» j'ai vu à Newcastle, des rails fabriqués d'après ce pro-
» cédé, qui m'ont paru présenter les inconvénients que

» je signale; l'exfoliation n'aura plus lieu, mais le rail » se séparera en deux parties (*). »

Défauts du rail simple T.

Indépendamment des défauts que nous venons de signaler, et qui sont inhérents à toute forme de champignon, le rail simple T présente encore les suivants :

1° Aussitôt que la partie supérieure se trouve usée, ou plutôt déformée par une circonstance quelconque, le rail, ne pouvant être retourné, est mis hors de service. Ainsi, la durée du rail entier est limitée à celle de sa surface supérieure.

2° La base inférieure du rail présentant une très faible superficie, le rail manque d'assiette dans les chairs. En conséquence, il est difficile de le maintenir dans la position verticale, et dès-lors, le champignon court plus de chances de déformation, puisqu'il est exposé à voir les roues ne porter que sur l'une de ses extrémités. Cet effet est surtout à craindre, lorsque le coin destiné à maintenir le rail, se trouve placé à l'extérieur de la voie; dans cette position, il ne peut évidemment présenter assez de résistance aux chocs latéraux, pour conserver au rail sa position primitive.

(*) A l'appui de l'observation de M. Coste, nous citerons le fait suivant: en 1847, la compagnie du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon fit fabriquer des rails à Lorette, usine près de Rive-de-Gier. Il fut convenu que les mises destinées à former les champignons seraient d'une qualité supérieure à celle des mises qui devaient composer la tige. Lors de la réception, nous nous trouvâmes obligé de rejeter une assez grande quantité de ces rails, pour défaut de soudure à la naissance des champignons. Nous avons même vu des rails qui, après un service de deux mois seulement, avaient le champignon supérieur entièrement détaché de la tige, sans que, du reste, ces rails eussent éprouvé aucune autre déformation.

Pour obvier à ces inconvénients, M. Talabot, l'habile ingénieur du chemin de fer d'Avignon à Marseille, a donné à son rail (*fig. XV, pl.* 14) une base dont la largeur a été portée à 0^m,056 ; puis, il a considérablement augmenté la force du champignon composant la partie supérieure du rail. La même disposition a été adoptée au chemin de fer de Birmingham (*fig. XV, pl.* 7), et pour ceux du Piémont (*fig. X, pl.* 10). Incontestament, ces rails seront beaucoup plus résistants que ceux de la forme simple T employés jusqu'à présent; mais ils auront toujours l'inconvénient de ne pouvoir être retournés.

Rail employé par M. Tabalot sur le chemin de fer de Marseille.

A l'appui de la préférence qu'il donne au rail simple T, M. Perdonnet fait l'observation suivante (*) :

Opinion de M. Perdonnet sur les rails simple T.

« Lorsqu'on emploie le rail double T, on est obligé, » pour se réserver la faculté d'introduire le rail du haut » en bas dans le coussinet, soit verticalement, soit même » en l'enlevant sur le côté, de conserver au logement » du rail une grande largeur entre les saillies du cous» sinet, ce qui nécessite des coins en bois d'une grande » épaisseur, pour caler le rail, et des coussinets fort » longs. Ces coins prennent facilement du jeu et les » coussinets sont très lourds. Avec le rail simple T, on » peut employer un coussinet moins large et un coin » moins volumineux. Les coussinets sont moins dispen» dieux et le serrage est meilleur. »

Nous nous bornerons à faire observer que le coussinet des rails simple T de Versailles pèse 9^k,60, tandis que celui du rail double T pèse 9^k;20 au chemin d'Orléans, 8^k,88 à celui de Dijon à Châlon, et 9^k,50 à celui de Pa-

(*) *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer*, page 112.

rence, il est vrai, est assez faible; aussi y attachons-nous peu d'importance, car cette différence est trop légère pour pouvoir influer sur la déformation, cette cause principale de la mise hors de service.

TABLEAU DE LA RÉSISTANCE DES RAILS

du chemin de fer d'Orléans (*fig. XX, pl.* 6), de celui de St-Germain (*fig. XXVI, pl.* 6), et de celui de Versailles (*fig. II, pl.* 6).

CHARGE en TONNES.	FLÈCHES CORRESPONDANTES AUX CHARGES.					
	RAIL DE PARIS à ORLÉANS.	RAIL DE PARIS à ORLÉANS.	RAIL DE PARIS à ORLÉANS.	RAIL DE SAINT-GERMAIN.	RAIL DE VERSAILLES (rive gauche.) Essayé par le gros champignon	RAIL DE VERSAILLES (rive gauche.) Essayé par le petit champignon
8,00	0,00000	0,00150	0,00075	0,000000	0,00250	
9,00	0,00000	0,00250	0,00125	0,000000	0,00325	0,003500
10,00	0,00050	0,00300	0,00175	0,000750	0,00400	0,004500
11,00	0,00100	0,00375	0,00275	0,001000	0,00600	0,005000
12,00	0,00125	0,00450	0,00300	0,002000	0,00700	0,005500
13,00	0,00150	0,00535	0,00350	0,003500	0,00850	0,006500
14,00	0,00250	0,00650	0,00450	0,004000	0,00900	0,008000
15,00	0,00500	0,01100	0,00700	0,005000	0,01300	0,010500
16,00	0,01200	0,02100	0,00825	0,006500	0,02300	0,013000
17,00	0,01350	0,03150	0,01400	0,009000	0,03350	0,020000
18,00	0,02500	0,04100	cassé.	0,018000	cassé.	0,028000
19,00	0,03750	cassé.	d°.	0,025000	»	0,038000
20,00	0,04750	d°.	d°.	0,031000	»	cassé.
21,00	0,05650	d°.	d°.	0,048500	»	»
22,00	0,07550	d°.	d°.	0,065000	»	»
22,50	cassé.	d°.	d°.	»	»	»
23,00	d°.	d°.	d°.	»	»	»
24,00	d°.	d°.	d°.	»	»	»

Les nombres du tableau relatifs aux rails du chemin d'Orléans, sont des moyennes d'expériences faites sur des rails dont les couvertures étaient faites, les premières avec un mélange de fin métal et de riblons, les secondes, avec du fin métal pur, les troisièmes, avec un mélange de fin métal et de fonte au bois, celle-ci remplaçant les riblons.

Dans les expériences, le rail était placé sur des appuis de $0^m,05$ de largeur, écartés de $1^m,25$ d'axe en axe. La charge se faisait dans le milieu seulement, et sur une longueur de $0^m,07$; mais elle n'agissait qu'instantanément, l'appareil n'ayant pas été disposé de manière à la laisser un temps suffisamment long, pour qu'on fût parfaitement assuré que le rail avait toute la hauteur de flèche que cette charge était susceptible de lui faire prendre. Toutefois, ces expériences suffisent comme moyens de comparaison.

Les divers rails qui ont été essayés, n'ont commencé à donner de flèches sensibles que sous une charge de 8 tonnes (*).

Supériorité du double T sur le simple T.

Le double T pouvant être retourné, présente, par conséquent, sur le simple T, l'avantage d'avoir une durée qui, dans beaucoup de circonstances, pourrait être évaluée presque au double.

Rails d'uniforme épaisseur.

M. Léon Coste, frappé des graves inconvénients résultant de la saillie des champignons, proposa, en 1836, de donner aux rails du chemin de Saint-Etienne, une section rectangulaire de $0^m,085$ de hauteur sur $0^m,045$ de largeur, et dont les angles seraient arrondis (*fig. 1*,

(*) Le tableau précédent est extrait de l'ouvrage de MM. Eugène Flachat, Jules Petiet et Barrault.

30

pl. 5). Cette proposition fut acceptée par le conseil d'administration de cette Compagnie, et une certaine quantité de rails furent fabriqués suivant ce nouveau système. Peu de temps après, on reconnut que la hauteur de $0^m,085$ était trop faible pour que le rail pût être maintenu convenablement dans le chair; alors M. Coste la fit porter, pour les autres rails, à $0^m,093$, et l'on employa ces rails sur environ 42 kilomètres de voie.

A l'appui de son projet de rails, M. Coste faisait les observations suivantes :

« L'expérience, comme le raisonnement, m'ont guidé » dans le choix de cette forme de rails; en effet, il existe » dans les usines et dans les mines un grand nombre de » chemins de fer faits avec de simples barres plates. Or, » j'ai vu quelquefois ces barres casser sous la charge des » waggons; je n'en ai jamais vu s'écraser, et je pourrais » à cet égard citer le témoignage de plusieurs ingé» nieurs; mais, ce que je pourrais encore citer, ce sont » des établissements en France et en Angleterre, où, » dans le but d'un perfectionnement, on a remplacé le » fer plat par de petits rails à champignon; or, ces rails » ont été écrasés par les charges sous lesquelles le fer » plat avait résisté. Un fait de ce genre a eu lieu, no» tamment en Cornwall, et il m'a été rapporté par » M. John Taylor, ingénieur aussi savant que praticien.

» Ainsi, le raisonnement et l'expérience s'accorde» raient à prouver que la forme de rails en champignons » ou en T est mauvaise, et qu'elle ne résistera jamais à » l'écrasement; au contraire, le fer plat paraît devoir » bien résister; c'est donc à cette forme, la plus simple » de toutes, qu'il faut donner la préférence. »

Les prévisions de M. Coste se sont en grande partie

réalisées; pour s'en convaincre, il suffit de jeter les yeux, soit sur les états d'usure que nous avons donnés précédemment, soit sur ceux relatés dans la note *C*, page 424, pour les rails rectangulaires, et *(page* 425 *et* 452) pour les rails double T, en ayant soin d'observer que les rails rectangulaires reposaient sur cinq chairs seulement, tandis que les rails double T étaient fixés sur six chairs, et avaient, par conséquent, des portées moins étendues.

Les rails d'uniforme épaisseur résistent mieux à la déformation que les rails à champignon.

De la comparaison de ces divers états, il résulte évidemment que les rails rectangulaires résistent beaucoup mieux aux déformations, et que, dès-lors, leur durée de service est plus grande que celle des rails double T. Cette opinion est partagée par tous les cantonniers du chemin de Saint-Etienne, qui, ayant eu à entretenir des voies composées de chacune de ces deux espèces de rails, se sont trouvés à même d'apprécier exactement la différence de leur durée de service.

Inconvénients des rails d'uniforme épaisseur.

Les rails d'uniforme épaisseur présentent les inconvénients suivants :

1° Leur forme rectangulaire ne permet pas de les fixer dans les chairs de manière à prévenir tout mouvement vertical, comme cela a lieu pour le rail double T; par conséquent, ces rails sont privés de l'augmentation de force résultant de l'encastrement. A la vérité, cette augmentation de force est loin d'être aussi considérable que le prétendent les auteurs qui se sont occupés de recherches sur la résistance des matériaux (*). On conçoit,

(*) Suivant M. Duleau (*Essai sur le fer forgé*, page 56), et M. Morin (*Aide-Mémoire de mécanique*, page 412), la résistance d'une pièce encastrée est quatre fois plus grande que celle d'une pièce

en effet, que les coins étant compressibles et s'ajustant rarement d'une manière parfaite, l'encastrement ne peut avoir lieu aussi complètement que le suppose la théorie. On trouvera, du reste, dans les tables I, II, III, IV et V *(page 220 et suivantes)*, des expériences qui pourront mettre à même de connaître combien le maintien des rails dans les chairs peut influer sur la résistance à la pression. Toutefois, nous ferons observer que dans ces expériences, M. Wood s'est borné à rechercher la différence de force que présentait le rail quand il était soigneusement fixé dans tous ses chairs, ou seulement dans les deux chairs placés aux extrémités de la portée sur laquelle il opérait. Ainsi, les résultats indiqués par ces tables, ne peuvent s'appliquer au rail d'uniforme épaisseur, qui ne se trouve réellement maintenu dans aucun de ses chairs.

Le manque d'encastrement présente encore un grave inconvénient; il peut être une cause de rupture pour les extrémités des rails. En effet, si un chair de joint vient à s'abaisser, les extrémités des deux rails n'étant pas encastrées dans ce chair, ne sont pas obligées de le suivre; par conséquent, elles restent suspendues, et dans cette position, elles présentent évidemment beaucoup moins de résistance à la rupture, au moment où les roues les forcent subitement à descendre jusqu'au plafond du chair.

---

dont les extrémités sont entièrement libres. Suivant Barlow (*Essai sur la résistance des bois de construction*, traduit par Fourier, page 16 et 56), le rapport entre les deux résistances serait :: 3 : 2; enfin, d'après les expériences de Parent et de Bélidor (*Science de l'ingénieur*, pages 319 et suivantes), l'augmentation de force produite par l'encastrement serait seulement de moitié en sus.

On pourrait, à la vérité, remédier facilement au défaut que nous venons de reprocher au rail d'uniforme épaisseur; il suffirait pour cela, d'employer le système de chair adopté au chemin de fer de Blackwall (*fig. III* et *VII*, *pl.* 9); mais ce chair présente une sujétion qui doit évidemment le faire rejeter de tout chemin de fer un peu important.

2° La résistance d'une barre de fer est proportionnelle au cube de la hauteur de cette barre; or, à poids égal, la hauteur du rail d'uniforme épaisseur est évidemment de beaucoup inférieure à celle des rails simple T et même double T; ainsi, le rail de M. Coste (*fig. I*, *pl.* 5) pèse 30 kilog. le mètre courant, et il n'a que 0^{m},093 de hauteur, tandis que le rail double T (*fig. XIX*, *pl.* 6) pèse 29^{k},80 le mètre courant, et a 0^{m},120 de hauteur. Donc, à poids égal, le rail d'uniforme épaisseur doit présenter moins de résistance à la flexion et à la rupture que les rails simple T et même double T.

L'expérience nous a prouvé plus d'une fois, combien cette conclusion était exacte; ainsi, la même locomotive qui, en deux jours de marche, a cassé soixante-un rails *Coste*, en octobre 1848, n'a pas rompu un seul rail double T, bien qu'elle ait circulé sur à peu près le même nombre de rails de chacune des deux espèces.

L'avantage que possède le rail double T, de présenter, à poids égal, une plus grande résistance à la rupture, compense certainement l'inconvénient d'être plus sujet à se déformer, et doit, par conséquent, le faire préférer au rail d'uniforme épaisseur.

3° Ne pouvant être maintenu que très difficilement dans les chairs, le rail d'uniforme épaisseur est sujet à se

gauchir; nous avons eu souvent occasion de constater cet inconvénient sur les rails *Coste*.

Rail américain. Les rails américains ont été employés en Europe, sur les chemins de fer de Croydon, Gloucester, Hull à Selby, Manchester à Bolton, Midland Great-Western (Irlande), Wurtemberg, Vienne à Neustadt, Haute-Silésie, Breslau à Freiburg, Berlin à Stettin, Magdebourg à Leipzig, etc.

Nous ne connaissons pas d'expériences faites sur cette forme de rail; nous nous bornerons, en conséquence, à signaler les avantages et les inconvénients qu'elle nous paraît devoir présenter.

Avantages du rail américain. Le rail américain ne diffère réellement du rail double T que par sa base, qui est disposée de manière à pouvoir être fixée au moyen de crampons sur des traverses ou sur des longrines en bois. Les chairs sont par conséquent supprimés, et dès-lors, on n'a pas à craindre les accidents résultant pour les autres rails, du mauvais état d'un chair de joint. Ce rail présenterait donc plus de sécurité et plus d'économie.

Consultés par le ministre des travaux publics en Prusse, sur le choix à faire entre la forme double T et la forme américaine, quatorze comités de chemins de fer ont émis les opinions suivantes :

Neuf se sont prononcés d'une manière absolue, pour le système américain; trois ont préféré le système de rails à double champignon, et deux ont demandé à être dispensés de donner leur avis. Suivant ces comités, il est hors de doute qu'une voie stable et solide ne puisse être établie indistinctement avec les deux profils de rails; mais s'il s'agit du profil auquel il faut donner la préférence pour obtenir une voie également résistante

dans les deux cas, avec le minimum de dépense, alors il faut adopter le rail américain.

Dans cet avis, les comités prussiens paraissent ne s'être occupés que de la question de premier établissement, et nullement de celle de l'entretien et de la durée de chacun des deux systèmes.

Inconvénients du rail américain.

Le rail américain doit avoir les inconvénients suivants :

1° Comme dans les rails en forme de T, les extrémités du champignon ne sont pas soutenues; ainsi, elles sont exposées à être promptement écrasées ou détachées de la tige principale;

2° Le rail américain ne peut être retourné;

3° Fixé seulement à sa base, il doit présenter moins de résistance aux chocs transversaux; par conséquent, il doit être sujet à se déverser;

4° Reposant directement sur les traverses ou sur les longrines, les rails ne doivent pas tarder, vu le peu d'étendue de leur base, à pénétrer plus ou moins dans le bois, et à y former une cavité dans laquelle l'eau séjourne; ainsi, en peu de temps, les rails prennent du jeu et cessent d'être solidement fixés sur les traverses dont la durée se trouve d'ailleurs compromise;

5° Les crampons qui maintiennent la base, doivent résister difficilement aux efforts produits par le mouvement transversal des roues;

6° L'entretien doit être coûteux et difficile, puisque, pour changer un rail, il faut enlever tous les crampons, opération qui doit évidemment déterminer la rupture d'un certain nombre d'entre eux, et nécessiter beaucoup de temps. Ces inconvénients sont graves, surtout pour un chemin de fer où la circulation serait active.

Suivant M. Perdonnet (*), on aurait reconnu sur le chemin de Saint-Germain, où ce rail avait été essayé, que, dans les parties courbes principalement, il était plus sujet à se déplacer que les rails ordinaires. On l'a, en conséquence, abandonné.

Rails en U renversé.

Les rails en U renversé ont d'abord été employés en Amérique, puis en Angleterre, où M. Brunel fils les adopta pour le chemin de fer de Bristol. Depuis, on en a fait usage pour les chemins de fer de Bolton à Preston, de Shields à Newcastle, de Midland Counties (*fig. VII, VIII, IX, X, XIV* et *XVIII, pl.* 8), et surtout pour ceux de l'Irlande, où l'ingénieur, M. John Macniell, en a fait l'application à plus de 650 kilomètres de chemin de fer.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment (*note* B, *page* 313), M. Dockray, ingénieur chargé de l'entretien du *London and Birmingham railway*, a proposé dernièrement aux directeurs de ce chemin, de remplacer dorénavant le rail double T par un rail en U renversé.

En France, on l'a employé au chemin de fer de Tours à Nantes : 1° pour l'embranchement placé sur les quais de cette dernière ville; 2° pour les voies accessoires des stations (*page* 380). On se propose de l'adopter pour les chemins de fer de Blesme et de Dôle (*page* 348), et sur les embranchements des chemins du Midi.

En Allemagne, cette espèce de rail est en grande faveur.

Ce rail est fixé sur des longrines, au moyen de vis ou de crampons; ce dernier système est préféré en Allemagne. D'après M. Evans, on a essayé de remplacer les vis et les crampons par des boulons dont la tête était logée

(*) *Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer*, page 123.

dans la cavité intérieure du rail; mais cette disposition rendait l'entretien beaucoup trop dispendieux, puisque, pour changer un rail, il fallait enlever tous les boulons, opération d'autant plus longue, que les écrous se trouvant sous les longrines, il était très difficile de les desserrer.

Comme nous l'avons vu précédemment (*page* 348), M. Tourneux a l'intention de fixer le rail des chemins de Blesme et de Dôle, au moyen de chevilles en bois.

Avantages du rail en U renversé.

Le rail en U renversé présente les avantages suivants :

1° Comme le rail américain, il dispense d'employer des chairs ;

2° N'ayant pas de champignon, sa surface de roulage a plus de chances de durée que celle des rails en forme de T ;

3° Avec un poids peu considérable, il offre une grande résistance à la flexion.

Inconvénients du rail en U renversé.

Ces rails ont les défauts suivants :

1° Ils ne peuvent être retournés;

2° Leur emploi n'est avantageux que dans les pays où le bois est à bon marché ;

3° Les longrines sur lesquelles ils sont fixés, rendent très difficile l'écoulement des eaux pluviales ; en outre, l'entretien et surtout le renouvellement de ces longrines exige des charpentiers, et non de simples cantonniers, comme pour les dés ou les traverses; ainsi, ces rails sont, comme le rail américain, d'un entretien coûteux et difficile ;

4° Leur forme doit se prêter difficilement à une bonne fabrication et à la pose d'une voie présentant des courbes d'un faible rayon ;

3° Suivant M. Perdonnet (*), les rails creux ont encore un inconvénient dont la gravité est bien évidente. « Les coussinets en fonte sur lesquels reposent les ex» trémités de ces rails sont exposés à des vibrations tel» lement violentes, qu'elles ébranlent les crochets au » moyen desquels ces coussinets sont fixés sur les » longrines. Peu à peu ces crochets prennent du jeu, » et ils finissent par ne plus maintenir les rails; les » trous des longrines, agrandis par le jeu des crochets » ne permettent plus de consolider le joint, car le bois » est trop altéré pour que l'on puisse y fixer de nouveau » les crochets; ou, si l'on cherche pour ces crochets une » partie de la longrine moins altérée, elle se trouve loin » de l'extrémité des rails, qui ne seraient plus alors » suffisamment consolidés. Les mêmes inconvénients » existent lorsqu'il s'agit de remplacer un rail. »

Rail Barlow.

Le rail proposé par M. William Barlow, ingénieur du chemin de fer de Midland, a pour section un U renversé dont les côtés sont évasés, de manière à donner à la base de ce rail une largeur de $0^m,30$. Il repose directement sur le ballast, sans aucun intermédiaire.

Suivant M. Lechatellier (**), ce système de rail paraît destiné à un grand succès en Angleterre; il y est approuvé ou adopté par beaucoup d'ingénieurs expérimentés. On évaluait, à la fin de juillet 1851, à 104 kilomètres de double voie, la quantité de rails commandés aux usines.

Avantages du rail Barlow.

Ce rail nous paraît présenter les avantages suivants : 1° Il dispense de coussinets, chevilles, coins et tra-

(*) *Portefeuille de l'ingénieur*, page 592.
(**) *Chemins de fer d'Angleterre*, page 59.

verses ou longrines, pièces qui, toutes, contribuent beaucoup à augmenter les chances d'accidents sur les chemins de fer, et sont en général d'un entretien coûteux;

2° N'ayant pas de champignon, il est moins exposé aux détériorations que les rails en forme de T;

3° Les joints ont une grande fixité, et la voie doit avoir dans son ensemble beaucoup de stabilité;

4° Les frais d'entretien de la voie en général, et du matériel roulant, sont nécessairement moindres que pour les autres systèmes de rails.

Le rail Barlow doit avoir les inconvénients suivants: Inconvénients du rail Barlow.

1° Il ne peut être retourné que dans un sens;

2° Sa forme et son poids rendent sa fabrication plus difficile, et, par conséquent, plus coûteuse et plus exposée à donner des rails défectueux et peu résistants à la déformation;

3° Il doit entraver l'écoulement des eaux, surtout lorsque le ballast est argileux;

4° Sa résistance à la flexion transversale nous paraît être un grave obstacle à son emploi dans des courbes de faible rayon;

5° Les joints formés au moyen de rivets, doivent être d'un entretien difficile; ainsi, le remplacement d'un rail nécessite la présence d'ouvriers spéciaux capables d'enlever des rivets et d'en poser de nouveaux.

Nous ferons observer, en outre, qu'en France où le bois est à bon marché et le fer à un prix assez élevé, l'emploi du système Barlow, loin de présenter de l'économie, déterminerait, au contraire, une notable augmentation dans le prix du mètre courant de voie.

Passons maintenant à la deuxième partie du pro-

gramme que nous avons proposé au commencement de cette note, et qui consiste à déterminer les dimensions à donner à la section du rail, pour qu'il puisse résister convenablement à la pression et aux chocs produits par les roues.

On a dû voir dans les livres I et II, avec quels soins cette importante question a été traitée par MM. Barlow et Wood; nous nous bornerons, en conséquence, à faire quelques observations qu'on peut considérer comme le résultat d'une longue pratique.

Considération dont il faut tenir compte dans le calcul de la force à donner aux rails.

Dans les calculs relatifs à la détermination de la force à donner aux rails, d'après le poids des locomotives et la distance des chairs, on doit observer que les essieux d'une locomotive ne sont pas chargés également, et que par conséquent, la pression sur les rails est loin d'être égale au poids de la locomotive divisé par le nombre des roues, comme l'a supposé M. Barlow *(page* 66). En effet, dans le but d'augmenter l'adhérence des roues motrices, on a toujours soin de placer leur essieu de manière à lui faire supporter autant de charge que le permet la stabilité de la locomotive.

Ainsi, suivant MM. Lechatellier, Flachat, Petiet et Polonceau (*), pour être dans de bonnes conditions, une locomotive du poids de 21 tonnes, dont l'essieu moteur est à l'arrière, devra avoir sa charge ainsi répartie :

Essieu d'avant.	7	tonnes.
» du milieu	5	»
» d'arrière.	9	»
Total . . .	21	tonnes.

(*) *Guide du mécanicien constructeur et conducteur de machines locomotives*, page 268.

Indépendamment de la différencè de pression exercée par les roues des locomotives, on devra, dans les calculs relatifs à la détermination de la force à donner aux rails, tenir compte de l'affaissement que peuvent éprouver les supports du rail, lorsque le dé ou la traverse n'étant pas suffisamment calés, ne reposent plus sur le ballast, et se trouvent suspendus au rail par le coussinet. Cet affaissement a les conséquences suivantes :

1° La répartition de la charge de la locomotive sur chaque roue se trouve modifiée; ainsi, comme le fait judicieusement observer M. Minard (*), il peut arriver que plusieurs supports venant à s'abaisser au moment du passage d'une locomotive, les deux lignes de rails d'une même voie ne se trouvent plus dans le plan tangent aux roues, alors une locomotive à quatre roues peut ne porter que sur trois roues, et même diagonalement sur deux roues.

2° Le cas qui se présente le plus ordinairement est celui où un seul coussinet se trouve suspendu. Si ce coussinet est sous un joint, l'extrémité de chacun des deux rails manque de point d'appui, et alors chaque rail peut être considéré comme une barre de fer dont l'une des extrémités est légèrement encastrée et dont l'autre est restée libre. Si, au contraire, c'est un coussinet intermédiaire qui ne repose pas sur le ballast, alors les roues agissent sur une portée de rail de longueur double de celle déterminée par l'écartement des chairs. Ce dernier cas est celui qui a lieu le plus fréquemment.

Le tableau suivant met à même d'apprécier le poids supporté par les roues des principales locomotives actuellement en activité sur les chemins de fer français.

(*) *Leçons sur les chemins de fer.*

Indication du chemin sur lequel la machine circule, et du service qu'elle fait........	Rouen et Bordeaux. — Marchandises.	Nord. — Voyageurs.	Nord. — Mixte.	Nord. — Marchandises.	Nord. (*Machines de Crampton.*) — Voyageurs.	Lyon. — Voyageurs.	Lyon. — Mixte.	Lyon. — Marchandises.
Noms du constructeur.	Buddicom.	Derosne et Cail.	Atelier de la Cᵉ.	Derosne et Cail.	Derosne et Cail.	Derosne et Cail.	E. Gouin.	Derosne et Cail.
Date de la construction.	1845.	1846.	1849.	1847.	1849.	1847.	1849.	1850.
POIDS.								
Essieu du milieu monté.	1,700	2,610	2,610	1,987	1,554	2,600	2,155	2,000
dº d'avant dº...	1,236	1,070	1,070	1,820	1,767	1,300	1,880	1,676
dº d'arrière dº...	1,025	1,070	2,610	1,820	3,185	1,300	1,095	1,676
Machine avec l'eau, poids sur l'essieu du milieu.	6,300	4,800	8,412	5,113	3,337	9,312	8,904	7,049
Poids sur l'essieu d'avant	5,264	5,925	6,856	6,380	9,376	8,087	7,217	7,049
dº dº d'arrière	1,301	6,025	2,839	5,180	8,100	2,614	4,175	7,049
Poids total de la machine pleine d'eau...	17,026	21,500	24,397	22,300	27,319	25,213	25,426	26,500
Poids total de la machine vide..............	14,851	18,886	21,710	20,072	24,197	2,600	22,080	22,700

Indication du Chemin sur lequel la Machine circule, et du service qu'elle fait........ — Noms du Constructeur. — Date de la Construction.	Strasbourg. — voyageurs. — Derosne et Cail. — 1847.	Strasbourg. — marchandises. — Derosne et Cail. — 1850.	Orléans Mammouth. — marchandises. — Stephenson. — 1845.	Orléans — voyageurs. — Stephenson. — 1843.	Orléans. — marchandises. — C. Polonceau. — 1849.	Tours à Nantes — voyageurs. — André Koechlin. — 1847.	Tours à Nantes — marchandises. — André Koechlin. — 1847.	Ouest. — mixte. — Cavé. — 1848.
POIDS.								
Essieu du milieu monté.	2,113	2,090	2,136	2,445	1,963	2,220	1,809	2,324
d° d'avant d°...	1,080	1,811	1,712	0,995	1,135	1,015	1,620	1,103
d° d'arrière d°...	1,080	1,811	1,712	0,995	1,908	1,015	1,620	2,112
Machine avec l'eau, poids sur l'essieu du milieu.	8,200	6,551	6,300	6,810	8,065	7,300	6,790	8,400
Poids sur l'essieu d'avant	6,400	6,551	4,100	2,335	6,140	5,900	5,125	6,100
d° d° d'arrière	5,053	6,551	6,335	5,100	6,660	3,800	6,135	3,000
Poids total de la machine pleine d'eau ...	23,926	25,365	22,295	19,190	25,865	21,250	23,090	23,041
Poids total de la machine vide..............	20,875	22,200	20,160	16,750	22,460	19,220	20,660	20,500

Ce tableau est extrait de l'ouvrage de MM. Lechatellier, Flachat, Petiet et Polonceau, que nous avons déjà cité (*). Il démontre que la pression exercée par chaque paire de roues, est égale au poids de l'essieu monté ajouté à la charge supportée par cet essieu.

Largeur de la surface de roulage.

D'après M. Barlow (*page* 89), la surface de roulage ne doit pas avoir moins de 2 pouces $\frac{1}{4}$ (0^m,057), et suivant M. Wood (*chapitre II*, § 2, *page* 202), l'expérience « n'aurait pas démontré que la surface de roulage » pût avoir moins de deux pouces (0^m,051), et il ne » paraît pas nécessaire de lui donner plus de 2 pouces » $\frac{1}{2}$ (0^m,063). »

Les deux premières espèces de rails employés sur le chemin de fer de Saint-Etienne (*fig. I* et *X*, *pl.* 5), n'ont l'une et l'autre, à la partie supérieure, que 0^m,043 à 0^m,048 de largeur, et comme les angles sont arrondis, la surface de roulage se trouve réduite à 0^m,039. Une expérience de huit années, au moins, nous a démontré qu'il n'y avait aucun inconvénient à employer une surface de roulage aussi faible comparativement à celle indiquée par MM. Barlow et Wood. Nous ajouterons que les rails bombés, actuellement employés sur beaucoup de chemins, présentent, par la disposition du champignon, une surface de roulage plus large peut-être, mais dont la partie en contact avec les jantes des roues est certainement moins grande que la surface plate des anciens rails de Saint-Etienne.

Dimension du bombement.

Voici les dimensions données au rayon de bombement des rails employés récemment.

(*) *Guide du mécanicien constructeur*, *etc.*, page 386.

Noms des chemins de fer.	*Longueur des rayons de bombement.*
Avignon à Lyon	$0^m,072$
Blesmes à Saint-Dizier	$0^m,190$
Id., rail en U renversé	$0^m,167$
Ceinture.	$0^m,090$
Londres à Birmingham.	$0^m,083$
Id., en U renversé.	$0^m,175$
Great Western, rail en U renversé.	$0^m,125$
Irlande, rail en U renversé. . . .	$0^m,165$
Id., rail américain.	$0^m,145$
Manchester à Leeds.	$0^m,090$
Montereau à Troyes.	$0^m,150$
Paris à Lyon.	$0^m,195$
Paris à Strasbourg	$0^m,190$
Saint-Etienne à Lyon.	$0^m,080$

Depuis quelque temps, les ingénieurs anglais, effrayés des nombreuses détériorations éprouvées par les extrémités des champignons, ne donnent plus au bombement qu'un rayon de $0^m,05$ à $0^m,06$; cette quantité nous paraît un peu faible, car si elle est favorable à la durée des rails, elle doit être nuisible aux bandages des roues. On atteindrait selon nous une limite convenable et pour les rails et pour les bandages, en donnant au rayon de bombement une longueur de $0^m,07$ à $0^m,08$.

Longueur à donner aux rails.

En général, les rails ont $4^m,60$ de longueur ; sur quelques nouveaux chemins, on a porté cette quantité à $5^m,00$. Tels sont les rails de Châlon à Dijon, de Montereau à Troyes, etc. En Angleterre, quelques ingénieurs portent maintenant cette longueur à $5^m,486$, et même à $6^m,10$.

Nous ferons observer qu'en augmentant la longueur des rails, on diminue le nombre des joints, et comme le fait observer M. Wood, on augmente ainsi la rigidité du rail et par conséquent sa durée.

Il y a donc avantage, sous tous les rapports, à donner la préférence aux grandes longueurs de rails.

Inconvéniens des rails d'un grand poids.

Toutefois, nous ferons remarquer qu'en déterminant les dimensions à donner aux rails, on ne doit pas perdre de vue qu'il importe beaucoup d'avoir un rail dont le poids ne soit pas un inconvénient lors des réparations; car il est nécessaire que le rail puisse être facilement manœuvré; puis, comme l'ont déjà fait observer plusieurs ingénieurs, en augmentant le poids des rails, on augmente considérablement les difficultés de la fabrication, et par suite, les chances d'avoir du fer mal soudé et résistant moins au mouvement transversal des roues.

Quelques ingénieurs ont proposé d'augmenter le poids des rails, afin d'avoir la faculté d'employer des locomotives plus pesantes, et en conséquence plus puissantes. Ne serait-il pas préférable de diminuer la distance des chairs? On éviterait ainsi de donner aux rails une augmentation de poids fort couteuse et, comme nous l'avons dit plus haut, très contraire à une bonne fabrication. Nous ajouterons, qu'au lieu d'augmenter le poids des locomotives, il serait beaucoup plus avantageux d'utiliser le poids des tenders, poids nuisible dans le système actuel, et qui pourrait être employé à accroître l'adhérence des roues motrices. Déjà des essais ont été tentés sur le chemin de fer de Saint-Etienne, et jusqu'à présent ils ont été satisfaisants. Aussi espérons-nous que l'on ne tardera pas à employer des locomotives portant

leur réservoir d'eau, et supportées par huit roues mises en mouvement par quatre cylindres.

Des diverses observations qui précèdent, il résulte que, la meilleure forme à donner à la section verticale des rails, doit être celle qui permettra de jouir des avantages résultant du double T, sans avoir les inconvénients inhérents à cette espèce de rails; il faudra donc qu'elle se rapproche beaucoup de la section du rail d'uniforme épaisseur. Conclusion des observations précédentes.

La section indiquée par la fig. XXVIII, pl. 8, nous paraît atteindre ce but. Afin de pouvoir la comparer avec celle des rails double T et d'uniforme épaisseur, employés sur le chemin de Saint-Etienne, et dont le poids est à très peu de chose près le même, 30 kilog. par mètre courant, nous avons (*fig. XXIX, pl.* 8) superposé ces trois sections les unes sur les autres. En examinant cette figure, il sera facile de reconnaître que la section proposée a les avantages suivants: Nouvelle section des rails.

1° Diminution de la partie du champignon formant saillie, tout en conservant une surface de roulage suffisante, puisqu'elle est plus grande que celle du rail d'uniforme épaisseur, et qu'elle diffère très peu de celle du double T; Avantages de la nouvelle section.

2° Augmentation de force du congé qui réunit le champignon à la tige verticale; cette dernière partie conserve la même épaisseur que dans le rail double T;

3° A poids égal, plus de résistance que le rail rectangulaire, puisque la hauteur de la nouvelle section sera beaucoup plus grande, et que sa forme permettra d'encastrer le rail dans les chairs;

4° La nouvelle section sera, à poids égal, d'une résistance au moins équivalente à celle du double T, et

sa surface de roulage présentera beaucoup moins de chances de déformation ;

5° Enfin, la fabrication sera plus facile que pour le double T, et les dimensions du coussinet et du coin pourront être moindres. En effet, les têtes du rail ayant moins de largeur, elles exigeront évidemment une ouverture de coussinet moins grande, et par conséquent on pourra réduire la longueur de la plate-forme du coussinet ; ainsi il y aura économie.

NOTE *E*.

RECHERCHES SUR LA RÉSISTANCE DES RAILS EN FER MALLÉABLE.

Chargé par l'administration du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon de vérifier si des rails nouvellement fabriqués pouvaient résister convenablement aux épreuves stipulées dans le cahier des charges imposées aux fabricants, nous avons été amené à faire de nombreux essais au moyen de pressions et de chocs. A chaque fourniture, nous avons soumis un certain nombre de rails à une série d'expériences dans lesquelles le choc et la pression, exercés d'abord très faiblement, se trouvaient ensuite augmentés successivement, de manière à dépasser de beaucoup la limite de l'élasticité des rails. En outre, nous avons eu soin de diriger les opérations de façon que l'on put comparer les effets des chocs à ceux de la pression. Les résultats que nous avons ainsi obtenus, nous ont permis de déterminer: 1° les modifications à faire pour rendre applicables aux rails les formules employées jusqu'à présent pour calculer la résistance du fer à la pression d'un poids agissant perpendiculairement à sa longueur; 2° des formules qui

mettront à même de calculer les flèches produites par les chocs, ainsi que les pressions capables de déterminer des flèches de même grandeur que celle des chocs.

Les détails de ces expériences et des recherches auxquelles elles ont donné lieu, ont été consignés dans un mémoire que nous avons adressé à l'administration des ponts et chaussées, pour être inséré dans les *Annales* de l'année 1853. Nous nous bornerons à donner ici un résumé de ce mémoire, en faisant observer que, dans toutes nos expériences, nous avons eu soin d'opérer de manière à obtenir des résultats présentant le plus d'analogie possible avec ce qui se passe en réalité sur un chemin de fer. Ainsi, la pression exercée sur les rails par les roues de locomotives ou de waggons, étant en général de très courte durée, nous n'avons laissé notre pression agir sur les rails mis en expérience, que pendant le temps nécessaire à la manifestation et à la constatation de la flèche, tandis que pour avoir tout l'effet de la pression il aurait fallu la laisser agir pendant plusieurs heures.

Quant à la longueur de la portée mise en expérience, nous avons cru devoir nous écarter du principe que nous avions adopté pour la durée de la pression. Ainsi, contrairement à ce qui a lieu sur un chemin de fer, et aux conditions insérées dans tous les cahiers des charges, nous avons donné la plus grande longueur possible à la portée, c'est-à-dire $4^{m},43$, au lieu de $1^{m},20$ à $1^{m},30$, distance que l'on donne, au maximum, à l'écartement des coussinets. Cette grande longueur de portée nous a donné des flèches plus considérables, et par conséquent plus faciles à constater avec l'exactitude nécessaire.

Dans les formules que nous allons rapporter, nous supposerons, comme l'ont fait du reste MM. Barlow

et Wood, que la section des rails double T est transformée de sorte que sa surface se trouve composée de trois rectangles, dont l'un représente la tige, ou partie centrale du rail, et les deux autres les champignons, ou parties extrêmes du rail; ainsi ces deux derniers rectangles sont égaux. En outre, nous avons appelé :

e la hauteur totale, ou épaisseur du rail;

e' la hauteur de la tige verticale du rail, c'est-à-dire non compris les deux champignons;

f la flèche;

L la longueur de la portée;

l la largeur d'un champignon dont la section est remplacée par un rectangle équivalent;

l' la différence entre la largeur d'un champignon et celle de la tige;

P le poids en kilogrammes;

PV la valeur des chocs;

V la vitesse de P au moment du choc.

Nous diviserons le résumé de nos recherches en deux paragraphes. Dans le premier, nous placerons ce qui concerne la pression; le second renfermera les résultats obtenus pour les chocs.

---

§ I. — PRESSION EXERCÉE AU MILIEU DE LA PORTÉE DES RAILS.

1° Tant que l'élasticité n'est pas altérée, les flèches peuvent être considérées comme proportionnelles aux poids;

2° Dès que l'élasticité est altérée, le rapport des flè-

ches aux poids augmente, et au moment qui précède la rupture, les flèches deviennent à peu près triples de ce qu'elles étaient lorsque l'élasticité a commencé à être altérée ;

3° Tant qu'il n'y a pas d'altération dans l'élasticité, les flèches restent stationnaires, après une durée de pression de vingt à vingt-deux heures ;

4° Tant que l'élasticité n'est pas altérée, les flèches de rails de même nature et de mêmes dimensions, sont entre elles comme les cubes des portées. Ce rapport devient d'autant moins exact, que la flexion se rapproche plus de la rupture ;

5° Les flèches sont, en raison inverse, des cubes des hauteurs des rails ;

6° Les rails double T sont beaucoup plus résistants que des barres rectangulaires de même poids ;

7° Pour deux rails de mêmes dimensions et de portées différentes, les poids qui altèrent l'élasticité sont, entre eux, en raison inverse, des longueurs des portées ;

8° Pour les rails double T, la plus grande flèche que l'on puisse leur faire prendre sans altérer l'élasticité, est représentée par $f = 0,000244 \frac{L^2}{e}$ et par $f = \frac{0,0043}{d'}$; dans la dernière formule, d' représente la hauteur du rail mesurée depuis la base jusqu'à l'axe neutre, qui, d'après M. Barlow, divise le champignon supérieur en deux parties égales.

La formule de M. Barlow *(page 35)*, appliquée aux rails dont nous nous sommes servi pour nos recherches, donne $f = 0^m,195$, tandis que la moyenne de nos expériences a donné $f = 0^m,04$. Cette grande différence peut être attribuée aux causes suivantes :

1° Le chiffre $0^m,04$ est une moyenne de soixante-quinze expériences faites sur des *rails mêmes*, ayant de grandes portées; tandis que M. Barlow n'a opéré que sur *six barres de fer de faibles dimensions*, et dont le fer est loin d'être de la même nature que celui des rails;

2° La section des barres expérimentées par M. Barlow était rectangulaire, tandis que celle de nos rails présentait la forme d'un double T.

La formule de M. Barlow (*page* 35), modifiée d'après les résultats de nos expériences, devient, en mesures anglaises : $f = \frac{0^o,045}{d'}$ au lieu de $f = \frac{0^o,22}{d'}$

Nous ferons observer que les formules que nous venons de donner pour déterminer la plus grande flèche que l'on peut faire prendre aux rails, sans altérer leur élasticité, a, comme celle donnée par M. Duleau (*), l'inconvénient de ne pas tenir compte de la largeur du rail, qui, cependant, doit nécessairement influer sur la résistance à la flexion.

9° La flèche produite par un poids placé au milieu de la portée d'un rail double T, est représentée par les formules :

$$f = \frac{PL^3}{73{,}000{,}000{,}000\,(le^3 - l'e'^3}$$

$$f = \frac{PL^3}{66{,}000{,}000{,}000\,l\,e^3}$$

Dans la dernière formule, on ne tient pas compte de l'évidement formé par les deux champignons; on suppose, par conséquent, que la section du rail est un rectangle ayant la hauteur du rail et la largeur de l'un des champignons.

(*) *Essais sur la résistance du fer forgé*, page 36

10° Les formules suivantes donnent la valeur du plus grand poids qu'on puisse mettre sur le milieu d'un rail, sans altérer son élasticité :

$$P = \frac{17,812,000\,(le^3 - l'e'^3)}{eL}$$

$$P = \frac{20,000,000\,(le^2 - l'^2e'^2)}{L}$$

$$P = \frac{16,104,000\,le^2}{L}$$

---

§ II. — CHOCS PRODUITS SUR LE MILIEU DE LA PORTÉE DES RAILS.

11° La flèche produite par un choc n'altérant pas l'élasticité, est, en moyenne, à la flèche que déterminerait une pression égale à la force de ce choc représenté par PV :: 5,77 : 1.

12° Lorsque l'élasticité n'est pas altérée, on a, pour la valeur moyenne de la pression P', capable de produire une flèche égale à celle du choc ;

$P' = 5,77$ PV, ou plus exactement : $P' = \frac{264\,e\,PV}{L}$ pour les rails double T, et $P' = \frac{240\,e\,PV}{L}$ pour les rails rectangulaires ;

13° Pour les rails de mêmes dimensions, les flèches sont proportionnelles aux racines carrées des hauteurs de chute ;

14° Pour les rails de dimensions différentes, et dont la longueur de portées est la même, les flèches produites par le même choc, sont entre elles en raison inverse des carrés des hauteurs des rails ;

15° Pour les rails de mêmes dimensions et de portées différentes, les flèches des chocs sont, entre elles, comme les carrés des portées;

16° Tant qu'il n'y a pas d'altération d'élasticité, les flèches produites par les chocs sur les rails, peuvent être représentées par les formules suivantes :

$$f = \frac{L^3 P V}{250,000,000\, l e^2}$$

$$f = \frac{L^3 P V}{305,000,000\,(le - l' e'^2)}$$

17° Lorsque l'élasticité est légèrement altérée, la flèche produite par un choc, est, en moyenne, à celle déterminée par une pression équivalente à la force du choc :: 1 : 4,04;

18° Dans le même cas, la valeur de la pression P', capable de produire la même flèche que le choc, est représentée en moyenne par $P' = 4,04\ PV$, et plus exactement par $P' = \frac{157\, e\, PV}{L}$ pour les rails double T;

19° Les formules $f = \frac{L^3 P V}{420,000,000\, l e^2}$

$$\text{et } f = \frac{L^3 P V}{513,000,000\,(l e^2 - l' e')}$$

représentent la valeur des flèches produites par les chocs qui altèrent légèrement l'élasticité;

20° Lorsque l'élasticité est détruite, les flèches sont à peu près proportionnelles aux chocs représentés par PV;

21° Dans le même choc détruisant l'élasticité, et pour des rails de longueurs différentes, les flèches sont, entre elles, comme les longueurs des portées;

22° En général, les flèches permanentes déterminées par les chocs, sont à peu près quatre fois plus grandes

que les flèches temporaires produites par une pression équivalente à PV ;

23° De deux parties de rails de même longueur de portée, et soumises au même choc, celle qui est détachée du rail a une flèche plus grande que celle qui fait encore partie de ce rail ;

24° Si un rail est soumis à une suite de chocs, il résiste plus long-temps à la rupture, lorsqu'on le retourne sens dessus dessous après chaque choc, que quand on lui conserve sa première position ;

25° Les flèches permanentes produites par les chocs qui détruisent l'élasticité des rails, peuvent être représentées par

$$f = \frac{LPV}{185{,}000{,}000\, l e^2} \text{ ou } f = \frac{LPV}{226{,}000{,}000\,(l e^2 - l' e'^2)}$$

et

$$f = \frac{LPV^2}{1{,}000{,}000{,}000\, l e^2} \text{ ou } f = \frac{LPV^2}{1{,}200{,}000{,}000\,(l e^2 - l' e'^2)}$$

Les résultats donnés par les deux dernières formules, sont ceux qui diffèrent le moins des quantités déterminées par l'expérience.

NOTE *F.*

DE LA FORME DES COUSSINETS ET DES MOYENS DE MAINTENIR LES RAILS DANS LES COUSSINETS.

Les coussinets sont mis hors de service par suite de rupture et d'usure proprement dite. De la mise hors de service des coussinets.

La rupture a lieu, soit au plafond, dans le sens de la direction du rail, soit à la jonction du plafond et des joues ou montants du coussinet.

La rupture du plafond est ordinairement produite, soit par un manque d'épaisseur dans cette partie importante, soit par suite de défauts dans la fonte, soit, enfin, par un porte-à-faux résultant de l'affaissement irrégulier du dé ou de la traverse.

La rupture des joues est, en général, le résultat de chocs produits par les roues dans leur mouvement de lacet, ou lorsque, mal fixées aux essieux, elles viennent par moment frapper le rail transversalement. Cette rupture a également lieu lorsqu'on se sert de coins en fer d'une trop forte dimension.

Les chevilles en fer destinées à fixer le coussinet sur le support, peuvent également produire une rupture, si leur grosseur n'est pas en rapport avec les trous des

coussinets, ou si l'intérieur de ces trous présente quelques bavures ou saillies.

Dans l'origine, on craignait que les coins en bois venant à se gonfler par l'humidité, ne brisassent les joues des chairs. A l'appui de cette opinion, ou citait l'exploitation de certaines carrières au moyen de coins en bois, que l'on fait gonfler après les avoir fait entrer de force dans la pierre. L'expérience a démontré que les chairs résistaient parfaitement à cette augmentation de pression, et qu'on ne devait avoir aucune crainte à cet égard.

Usure des coussinets.

Indépendamment de l'oxidation qui agit d'une manière permanente, mais très faible, les coussinets sont sujets à une usure assez légère, du reste, et qui a lieu dans la partie du plafond où repose le rail. Ainsi, nous avons constaté que sur la portion du chemin de fer de Saint-Etienne, comprise entre Rive-de Gier et Givors, cette usure, au bout de six années, était de $0^m,003$ à $0^m,004$ pour les chairs intermédiaires, et de $0^m,004$ à $0^m,005$ pour les chairs de joint; nous avons même trouvé des chairs où cette usure s'élevait à $0^m,006$.

Ces chairs avaient été employés avec des rails d'uniforme épaisseur *(fig. I, pl. 5)*, et ils avaient été posés sur des dés en pierre.

L'usure dont nous venons de parler avait eu lieu principalement sur les extrémités du plafond, de manière que la partie où reposait le rail avait pris une forme légèrement bombée. Les chairs de joint avaient $0^m,12$ de largeur, et les autres $0^m,09$.

Causes de l'usure du plafond des coussinets.

L'usure du plafond des coussinets peut être attribuée :

1° Au mouvement horizontal que les convois impriment aux rails *(voir la Note A)*;

2° Aux chocs produits par les roues;

3° Aux trépidations du rail pendant la circulation des convois, et enfin à l'effet suivant :

Au moment du passage d'une roue, le rail fléchit plus ou moins au milieu de chaque portée; alors il doit nécessairement exercer un très grand effort sur les extrémités du plafond du chair; il tend à les écraser, et leur fait subir un véritable martelage, qui, fréquemment répété, détermine l'usure, et, par conséquent, la diminution de la hauteur du plafond.

Formes et dimensions des coussinets.

La forme extérieure des coussinets peut varier à l'infini. Nous ferons cependant observer que l'on doit avoir soin de disposer les contreforts extérieurs des joues ou mentonnets, de manière à ce que l'on puisse frapper facilement sur les chevilles, sans courir la chance d'atteindre les contreforts, qui doivent avoir en outre des dimensions suffisantes pour résister aux coups de marteau auxquels ils sont exposés, lorsqu'on enfonce les coins. Faute de prendre ces précautions, on voit promptement les contreforts brisés par les cantonniers chargés de l'entretien des coins et des chevilles. Cette considération nous paraît avoir été négligée dans la disposition de beaucoup de coussinets. On doit également chercher à rendre la forme extérieure aussi simple que possible, afin de diminuer les difficultés du moulage.

L'expérience nous a démontré combien ces observations étaient importantes; aussi en avons-nous tenu compte lorsque nous nous sommes occupé de la forme des chairs que nous employons maintenant (*fig. XII* et *XVI*, *pl.* 10).

La forme intérieure des coussinets dépend principalement de la section transversale du rail, et de la nature

du coin employé pour maintenir le rail. Quant au poids du coussinet et à ses dimensions principales, ils varient avec le poids des rails et l'écartement des points d'appui. La nature du support peut également influer sur la surface à donner à la base du chair. Ainsi, pour des dés en pierre tendre, on devra évidemment donner à la plate-forme ou base du chair, une superficie plus grande que si les dés étaient en pierre très dure.

Règle générale, l'intérieur d'un chair doit être disposé de manière que le rail puisse y être solidement fixé, et qu'il soit facile de l'y faire entrer et de l'en sortir. Cette dernière condition est essentielle pour l'entretien de la voie.

Nous avons donné dans le livre 2, chapitre I, page 178, d'après M. Wood, la description des différents chairs employés pour les rails ondulés et pour les premiers rails parallèles. On trouvera note B, page 277, et planches 9, 10, 11 et 12, des détails sur les chairs qui, depuis la publication de l'ouvrage de M. Wood, ont été adoptés sur les principaux chemins de fer d'Europe; nous nous bornerons, en conséquence, à donner ici quelques observations sur les avantages et les inconvénients que présentent certaines dispositions.

Forme du plafond.

M. Locke a proposé de donner au plafond des chairs, un léger bombement; cette disposition est approuvée par M. Barlow (*page* 108). Aux avantages que le savant professeur lui attribue, nous pensons qu'on peut avec raison y joindre le suivant :

Avantage de la courbure du plafond.

Par suite de la flexion du rail lors du passage d'un convoi, les chairs éprouvent une pression dont la direction s'écarte d'autant plus de la verticale, que la flexion du rail est plus forte. Il en résulte pour le chair et son

support, une espèce de balancement dans le sens de la longueur de la voie. Ce mouvement tend à casser les chairs, à les détacher des dés, et surtout à produire sous les supports, l'effet d'un damage qui affaisse le terrain. En adoptant la courbure proposée par M. Locke, on remédie à ces graves inconvénients; car la pression se fait alors suivant une ligne passant par le centre du support. La courbure du plafond a encore un autre avantage: elle diminue l'usure du rail dans les portées et principalement dans les parties correspondant aux arêtes du plafond.

Nous avons constaté que, dans les chairs avec plafond plat, les arêtes extrêmes pénètrent peu à peu dans le rail, et y forment une rainure qui, lorsqu'on retourne le rail après quelques années de service, produit pendant un certain temps des chocs très nuisibles au rail et au matériel.

D'un autre côté, la courbure du plafond présente les inconvénients suivants:

Inconvénients de la courbure du plafond.

1° Elle augmente la distance des points d'appui;

2° Elle favorise le mouvement du rail dans le chair, et par conséquent elle diminue la force résultant d'un complet encastrement;

3° En facilitant la flexion du rail, elle augmente les chances de rupture et surtout de déformation.

Néanmoins, on a adopté cette disposition sur beaucoup de chemins de fer (*).

Quant au chair employé par M. Stephenson, sur le chemin de fer de Londres à Birmingham, et dont parle

---

(*) Voir, à la note *B*, la description des rails et des chairs de principaux chemins de fer.

M. Wood (*page* 187), il a été complètement abandonné. Celui de M. Locke est évidemment beaucoup plus simple et suffit parfaitement pour obtenir les effets qu'on se propose, lorsqu'on emploie ce système de plafond.

Quant à nous, nous avons préféré remplacer les arêtes du plafond par de légers quarts de rond, sur lesquels le rail peut au besoin s'appuyer, sans être exposé à être endommagé.

Nouvelle disposition pour les chevilles.

Placées dans un même plan vertical, et à très peu de distance l'une de l'autre, les chevilles font souvent fendre les extrémités des traverses, et hâtent par conséquent leur mise hors de service. Pour remédier à ce grave inconvénient, M. Cubitt, ingénieur du chemin de fer de Douvres à Londres, a donné à ses coussinets la forme représentée par les fig. II et VI, pl. 12. Les chevilles y sont placées dans deux plans différents, et chacune des joues ou mentonnets ne se trouve soutenue que par un seul contrefort placé au milieu de leur longueur, c'est-à-dire au point où a lieu la plus forte pression du rail. Cette dernière disposition a permis de diminuer sensiblement le poids du coussinet, sans altérer sa solidité.

La modification apportée par M. Cubitt, dans l'emplacement des chevilles, a depuis été adoptée sur plusieurs chemins de fer, et notamment sur ceux de Londres à Birmingham, d'Amiens à Boulogne, etc. (*) Sur le Chemin de fer du Centre, on a également mis un seul contrefort de chaque côté des chairs intermédiaires (*fig. IV* et *VIII*, *pl.* 12). Quant aux chairs de joint, on leur a mis deux contreforts de chaque côté. Cette distinction de forme pour les deux espèces de coussinets,

---

(*) Voir la note *B*.

nous paraît des plus motivées ; en effet, dans le coussinet intermédiaire, les chocs reçus par le rail sont transmis au mentonnet, suivant son axe. Il est donc convenable de consolider ce point par le contrefort. Dans le coussinet de joint, au contraire, les chocs et la pression des deux rails ont lieu sur toute la surface de la joue, et principalement sur ses deux extrémités ; on conçoit dès-lors la nécessité d'avoir deux contreforts, pour donner au mentonnet une solidité convenable.

Pour la fabrication de ses chairs, M. Cubitt a exigé l'emploi d'un noyau et d'un moule métalliques. Il a pu, par ce moyen, obtenir des produits d'un calibre toujours exact, et d'une surface parfaitement unie, conditions très avantageuses, sans aucun doute, mais qui doivent être une cause d'augmentation de prix, et qui, en outre, nous paraissent avoir l'inconvénient de donner aux chairs un certain degré de trempe, et de les rendre par conséquent plus sujets à se casser.

Au Chemin de fer de Ceinture, on a supprimé les contreforts (*fig. II et III pl. 14*), et l'on a augmenté l'épaisseur du milieu des mentonnets. Pour le chair intermédiaire, on a réduit à $0^m,04$ la largeur du plafond, ainsi que la longueur du mentonnet contre lequel le rail s'appuie. Le but de cette modification est d'obtenir un coinçage plus facile et plus complet, et surtout de diminuer la longueur du levier qui, au moment du passage des roues, tend à faire tourner les traverses selon leur axe. Ce chair est dû à M. Charles Pouillet ; il présente encore une autre modification : il porte sous le plafond un goujon de $0^m,023$ de longueur sur $0^m,025$ de grosseur, et qui est destiné à pénétrer dans les traverses, de manière à aider en quelque sorte les chevilles à résister aux chocs latéraux.

Cette innovation ne nous paraît pas heureuse; elle doit contribuer à la décomposition des traverses.

Evidement du dessous du coussinet.

Quelques ingénieurs ont proposé d'évider le dessous des coussinets, afin de diminuer le poids et par conséquent le prix de revient du coussinet; mais il est à craindre que les bords extérieurs de la partie évidée se trouvant plus minces que les autres parties du coussinet, ne se refroidissent plus vite, et dès-lors ne deviennent d'une nature plus cassante. Pour éviter ce fâcheux résultat, il faudrait disposer les évidements comme l'a fait M. Charles Pouillet au coussinet du Chemin de Ceinture.

Coussinet du chemin de fer de Darlington à Stockton.

Nous terminerons ces observations générales sur la forme des coussinets destinés aux rails en forme de T, en appelant l'attention sur le coussinet employé en 1840 sur le chemin de fer de Darlington à Stockton (*fig. I* et *V*, *pl.* 12). Il diffère des autres coussinets, en ce qu'il est fixé sur les supports par quatre chevilles, au lieu de deux. Cette disposition a été adoptée sur le chemin de fer de Darlington à Yorck. L'emploi de quatre chevilles nécessite évidemment de plus larges supports, une plus grande quantité de fonte, des coins plus longs et le double de chevilles, et dès-lors une augmentation dans la dépense de premier établissement; mais le rail se trouve beaucoup mieux maintenu, et en conséquence moins exposé à la déformation; en outre, la voie est plus solide et présente plus de sécurité. Aussi n'hésiterons-nous pas à conseiller l'emploi de cette disposition, en faisant toutefois observer qu'on pourrait se borner à l'appliquer aux coussinets de joint, qui, comme nous l'avons déjà fait observer, sont les plus fatigués, et présentent le plus de chances aux déraillements.

Sur le chemin de fer du Nord, on emploie actuellement pour les joints un coussinet (*fig. XIII* et *XVII*, *pl.* 11) qui est maintenu par trois chevilles, dont deux sont à l'intérieur de la voie. Cette forme a été également adoptée sur le chemin de fer de Londres à Birmingham (*note* B, *page* 313). Elle nous paraît réunir toutes les conditions désirables pour maintenir le coussinet sur le support. **Coussinet du chemin de fer du nord.** **Coussinet du chemin de fer de Birmingham.**

Depuis quelque temps, les ingénieurs anglais s'occupent beaucoup de perfectionner le système de supports employés jusqu'à présent. Leur attention s'est surtout portée sur la nécessité de donner aux joints des rails une plus grande rigidité. Parmi les différents moyens proposés pour atteindre ce but, nous signalerons les suivants, qui paraissent jusqu'à présent avoir le plus de chances de réussite.

Sur un kilomètre $\frac{1}{2}$ de longueur du chemin de fer de North-Straffordshire, on a essayé un coussinet dont les deux joues, réduites à une faible largeur, se trouvent placées l'une à droite, l'autre à gauche de l'axe du coussinet. Leurs surfaces de contact sont légèrement bombées, et ne laissent entre elles qu'un espace égal à l'épaisseur du rail, qui se trouve alors maintenu dans les deux sens. Ce système ne paraît présenter d'autre avantage que la suppression des coins; il n'a été appliqué qu'aux coussinets intermédiaires; pour les joints, on a conservé les coussinets ordinaires, avec coins en bois. Ce système a l'inconvénient d'exiger beaucoup de précision dans la fabrication des surfaces de contact, et surtout d'obliger, pour la pose, à enfiler préalablement le rail dans les coussinets. On conçoit dès-lors combien l'entretien doit être difficile. **Coussinet du chemin de North Straffordshire.**

Coussinet de M. P. Barlow.

Nous avons décrit précédemment (*note* B, *page* 330) le système de coussinet proposé par M. P. Barlow, et adopté sur le chemin de fer de South Eastern, pour le renouvellement des anciennes voies. Évidemment, ce système doit avoir une très grande rigidité, mais il exige une qualité de fonte de beaucoup supérieure à celle dont nous formons nos coussinets ordinaires; en outre, les boulons qui servent à maintenir le rail, doivent présenter de grandes difficultés pour l'entretien.

D'après les évaluations de M. P. Barlow, ce système donne environ 10 pour 100 d'économie en Angleterre. Il n'en serait pas de même en France, où il serait évidemment impossible d'obtenir de semblables supports au prix de 109 fr. 38 c. la tonne, et les boulons avec écrous à 425 fr., prix portés par M. Barlow dans son évaluation. (*Note* B, *page* 331.)

Coussinet de MM. Samuel et Adams.

Le système proposé par MM. Samuel et Adams (*fig. II*, *pl.* 15) pour consolider les joints, et employé sur le chemin de fer d'Eastern-Counties, vient d'être adopté par M. Stephenson pour le chemin de fer égyptien. Depuis long-temps, il est en usage sur les chemins de fer allemands, principalement pour les rails américains. On évalue que, pour un rail de 5 mètres de longueur, il faut par kilomètre 9t,60 d'éclisses et 2t,25 de boulons. Nul doute que ce système ne donne des joints très rigides, mais il exige pour l'entretien que les trous des boulons soient percés avec une grande précision, autrement on ne pourrait ni retourner les rails, ni les remplacer, sans être obligé de percer des trous sur place, opération longue et toujours coûteuse.

M. Samuel a également proposé pour les joints, de supprimer le mentonnet intérieur des chairs, et de por-

ter à environ $0^m,40$ la longueur du mentonnet extérieur contre lequel les extrémités des deux rails seraient fixées au moyen d'une éclisse, ou platine en fer, et de quatre boulons. Ce système n'est qu'une modification du précédent; il n'a pas été appliqué.

MM. Samuel, Hoby de Glascow, et Greaves ont également pris des patentes pour divers systèmes de supports, qui tous sont très ingénieux sans aucun doute, mais d'une exécution difficile, et qui, en France surtout, seraient d'un prix de revient et d'un entretien plus élevés que le système actuellement employé. On trouvera dans l'ouvrage que M. Lechatellier vient de publier sur les chemins de fer d'Angleterre, et dans les comptes-rendus de la Société des Ingénieurs civils (séance de novembre 1851), la description de ces divers systèmes.

Moyens employés pour maintenir le rail dans le chair.

Si l'on se reporte à la note *B* *(page 277)* et aux planches 9, 10, 11, 12, 13 et 14, on remarquera que jusqu'à présent, trois systèmes différents ont été employés pour fixer le rail dans le chair : 1° les coins en fer, 2° les chevilles ou clavettes, et 3° les coins en bois.

Coins en fer.

Les coins en fer ont été adoptés en Belgique et en Autriche sur les chemins de fer de l'Etat. On en a également fait usage pour le premier rail employé sur le chemin de fer de Southampton à Londres, et sur le chemin de Leeds à Selby. Sur ce dernier chemin, les coins en fer étaient évidés de manière que les rails les touchaient seulement par de petites surfaces.

Les coins en fer présentent les inconvénients suivants :

1° Ils déterminent souvent la rupture du chair; 2° les vibrations des rails ne tardent pas à leur faire prendre

du jeu, comme l'observe fort judicieusement M. Wood *(page 182)*, et, dès-lors, ils cessent de maintenir le rail.

Clavettes ou chevilles en fer.

Les chevilles en fer ont été employées avec succès par M. Stephenson sur le chemin de fer de Blackwall *(fig. III, pl. 9)*. Cet habile ingénieur en avait déjà fait usage pour le premier rail du chemin de fer de Birmingham *(fig. VIII, pl. 3)*. Depuis, il a substitué aux chevilles le système représenté par les fig. IX et XIII, pl. 9, et adopté sur les chemins de Manchester à Leeds, et de Derby *(Midland Counties railway)*. Cette disposition est certainement plus compliquée que celle des coins en fer, mais elle a l'avantage de ne pas exposer le chair aux ruptures, et de maintenir parfaitement le rail. Toutefois, elle a le grave inconvénient de rendre les réparations difficiles, surtout lorsqu'on fait usage du petit boulet, comme dans le chair de Manchester à Leeds.

Les coins en bois sont maintenant employés sur la plupart des chemins de fer, lors même que le rail a la forme simple T. Tels sont ceux de Versailles (rive gauche), de Saint-Etienne à Lyon, de Bordeaux à la Teste, etc.

Coins en bois.

Les coins en bois sont sujets à pourrir et à se fendre au moment de leur mise en place. Cet effet a surtout lieu lorsqu'on n'a pas eu la précaution d'arrondir un peu les arêtes du chair, afin de faciliter l'entrée du coin; mais ils ont, sur les autres espèces de coins, le précieux avantage d'exercer contre le rail une pression beaucoup plus étendue, et, par conséquent, de mieux le maintenir dans tous les sens. En un mot, leur *serrage* est supérieur. Nous ferons observer, en outre, qu'ils n'ont pas, comme les coins en fer, l'inconvénient de

faire rompre les chairs, et que leur entretien est facile et peu dispendieux.

Nature du bois et dimensions des coins.

En général, pour former les coins, on emploie du bois de chêne de première qualité, sans nœuds et aussi sec que possible. Sur les chemins de fer des environs de Paris, on a donné aux coins une longueur moyenne de $0^m,24$; à Saint-Etienne, nous avions d'abord limité cette dimension à $0^m,16$ pour les chairs intermédiaires, et à $0^m,20$ pour ceux de joint; mais nous avons reconnu qu'il était convenable de la porter à $0^m,20$ et à $0^m,25$.

Coins en bois comprimé.

Sur plusieurs chemins de fer, on a fait usage de bois comprimé. MM. Ransonne et May prétendent avoir reconnu que des chevilles en bois comprimé ne tardent pas à reprendre leurs anciennes dimensions, et à redevenir soumises à toutes les variations hygrométriques de l'air et du milieu où elles sont placées. Comme il en serait de même pour les coins, nous en concluerons qu'il est à peu près inutile de comprimer le bois. Il serait peut-être préférable, sous tous les rapports, de faire baigner pendant quelques heures les coins dans de l'huile commune, ou simplement dans le goudron provenant des usines à gaz, et surtout de n'employer que du bois parfaitement sec, condition à laquelle on n'attache souvent pas assez d'importance.

Pièce de rapport employée en place du coin.

Nous avons vu en 1840, sur le chemin de fer d'Yorck à Darlington *(Great North of england railway)*, un quatrième moyen de fixer le rail dans le chair; il est représenté par les fig. II et VI, pl. 10; nous en avons donné la description dans la note *B (page* 303*)*.

Au chemin de fer de Blesme à Gray, M. Tourneux *(page* 348*)* se propose d'employer pour les coussinets intermédiaires, une disposition qui a beaucoup d'ana-

logie avec la précédente. Ces deux formes de coussinets doivent très bien maintenir le rail; elles ont en outre l'avantage de présenter beaucoup moins de chances d'accidents que les coins en bois; mais il est à craindre que leur complication ne rende leur prix de revient trop élevé et leur entretien difficile.

Chair proposé par M. Sainclair.

Nos lecteurs ont dû voir *(page 106)* que M. Barlow donnait la préférence au système de chair proposé par M. Sinclair. L'expérience a démontré que ce chair aurait eu le grave inconvénient d'exiger que son emplacement fût invariablement déterminé sur le rail; il en serait résulté un entretien fort difficile et très coûteux, puisqu'il aurait fallu rejeter tout rail présentant quelque altération dans la partie où devait être placé le chair.

Inclinaison à donner aux joues.

Sur divers chemins de fer, on a établi parallèles les surfaces intérieures des joues, ou montants des chairs. Tels sont les chairs des chemins de Rouen, d'Orléans, de Saint-Germain, etc. Les coins ont alors une forme pyramidale fort peu prononcée, et lorsque, par suite de sécheresse, ils viennent à éprouver une diminution de grosseur, ils ne peuvent plus exercer assez de pression sur les rails; il n'en est pas de même pour les chairs dont les joues ne sont pas parallèles; on peut alors donner aux extrémités des coins une plus grande différence de grosseur, et au moment de la sécheresse, on a la faculté de pouvoir enfoncer les coins dans le chair, et de leur faire presser convenablement le rail. En général, on donne de $0^m,002$ à $0^m,003$ à l'inclinaison des joues. Tels sont les chairs des chemins de Versailles (rive gauche), de Saint-Etienne à Lyon, du Centre, etc.

Nécessité de placer les coins dans le sens

En employant des chairs dont les joues ne sont pas parallèles, on doit avoir soin de les placer de manière

que le coin soit enfoncé dans le sens de la marche des convois. Cette précaution est de toute nécessité, autrement les rails éprouvant dans cette direction un mouvement très prononcé (*), ne tarderaient pas à faire sortir le coin du chair; tandis que, placé dans l'autre sens, c'est-à-dire suivant la marche des convois, le coin est entraîné par le rail, et sa pression se trouve augmentée. de la marche des convois.

Cet effet est journellement constaté sur le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, et pour trois espèces de rails de formes tout-à-fait différentes.

De la nécessité de placer les coins dans le sens de la marche des convois, résulte l'obligation d'avoir deux espèces de chairs : des chairs pour les rails de droite, et des chairs pour les rails de gauche; autrement, les coins de l'une des deux lignes de rails se trouveraient mal placés.

La disposition dont nous venons de parler, est très importante, surtout pour un chemin dont les transports sont considérables, et dont les rails se trouvent, par conséquent, soumis à de nombreux efforts; ainsi, nous l'avons adopté pour la pose du rail double T sur le chemin de Saint-Etienne, et depuis onze années que ce travail est fait, nous n'avons eu qu'à nous en louer.

Un coin est dit *placé en dedans*, lorsqu'il se trouve entre le rail et l'axe de la voie; dans le cas contraire, on dit qu'il est *en dehors*. Coins en dedans et coins en dehors de la voie.

En général, on place les coins en dehors. Quelques années d'expérience ayant fait reconnaître, sur le chemin de fer de Saint-Etienne, combien cette position était vicieuse, on a déplacé les chairs, et depuis plus de

---

(*) Voir note *A*, page 273.

seize années, les coins sont tous mis *en dedans*. Cet exemple a été suivi par le chemin de Saint-Etienne à la Loire, et en Allemagne par le chemin de fer Rhénan.

Suivant MM. Perdonnet et Polonceau (*), on a adopté les coins en dehors par les raisons suivantes :

Avantages et inconvéniens des deux systèmes de coinsage.

« Le coin étant placé en dehors, on lui donne une » grande hauteur, et on le préserve de la pourriture en » le couvrant de sable, ce qui ne pourrait se faire s'il » était placé en dedans, parce qu'alors le boudin des » roues pourrait frotter contre le sable ou contre le coin » lui-même; on jouit aussi de l'avantage d'adoucir l'ef- » fet sur la joue extérieure des chocs latéraux qui ont » toujours lieu du dedans au dehors. »

Le dernier avantage supposé aux coins en dehors n'existe réellement pas. L'expérience de plusieurs années nous a démontré que les chairs avec coins en dedans, n'avaient éprouvé aucune rupture de la joue extérieure. Quant aux autres avantages, la pratique nous autorise à les considérer comme des inconvénients; en effet, si nous plaçons le coins en dedans, nous ferons appuyer le rail dans toute sa hauteur, et du côté où il tend le plus à se déverser, non par du bois, corps très compressible, mais par la joue extérieure du chair, corps infiniment plus résistant que le coin en bois.

Quant à recouvrir les coins avec du sable, nous avons depuis long-temps interdit cette opération; elle présente le grave inconvénient de rendre impossible la reconnaissance de l'état des coins; ainsi, nous exigeons de nos cantonniers que les coins soient toujours à découvert, afin de rendre facile et efficace la visite qu'ils doivent en faire au moins deux fois par jour.

(*) *Portefeuille de l'ingénieur*, page 148.

Nous ferons encore une observation : la couche de sable dont parle M. Perdonnet, a le défaut de hâter la décomposition. Ainsi, nous avons reconnu que les traverses non recouvertes, avaient leur surface supérieure en bien meilleur état que leur surface inférieure, constamment entourée par le ballast.

Mis en dehors, les coins peuvent être une cause assez fréquente de déraillement, surtout lorsqu'ils sont ainsi placés dans les chairs de joint. En effet, si l'un d'eux vient à manquer, ou à être pourri, les locomotives peuvent, en passant, faire fléchir le rail latéralement; la voie se trouve alors élargie, et l'une des roues quitte les rails.

Le cas qui se présente le plus souvent, est celui où l'extrémité d'un rail étant encore maintenue par le coin, l'extrémité du rail précédent ne l'est pas suffisamment pour résister à la pression du boudin des roues du remorqueur; il se forme alors un *crochet*, et le déraillement a lieu. Il n'en est pas de même pour les coins placés en dedans; en effet, ils peuvent quitter les chairs sans qu'il y ait la moindre chance de déraillement, puisqu'alors le rail se trouve maintenu transversalement par la joue extérieure du chair. Ces divers cas se sont présentés très fréquemment sur le chemin de Saint-Etienne; et c'est après les avoir observés avec soin, qu'on a pris le parti de placer dorénavant les coins en dedans.

Pour obvier à l'inconvénient que nous venons de signaler, on a, au chemin de fer de Paris à Strasbourg (*note* B, *page* 368), ménagé dans l'intérieur des chairs de joint une petite cavité dans laquelle on place un coin en fer qui, pressant à la fois sur les champignons inférieurs des deux rails, tend à maintenir dans le même

plan les deux champignons supérieurs, et par conséquent à les empêcher de former un crochet dans le cas où le coin de bois viendrait à manquer ou à céder à la pression des roues.

Mais le coin en fer nous paraît agir sur une trop petite surface pour pouvoir maintenir suffisamment les rails. En outre, les vibrations continuelles qu'il éprouve ne doivent pas tarder à lui faire prendre du jeu et par conséquent à diminuer notablement sa pression.

Nous ferons encore remarquer que la surveillance des coins en dedans est beaucoup plus facile. Ainsi, pour une voie, le cantonnier en une seule tournée visite à la fois les deux lignes de coins; tandis qu'il lui faudrait le double de temps si les coins étaient placés en dehors. Pour un chemin à deux voies, il faut, dans le premier cas, deux visites, et dans le deuxième il en faut trois. Cette considération est importante pour un chemin de fer dont les transports sont considérables.

En résumé, une pratique de seize années nous a démontré de la manière la plus évidente qu'il y avait de très grands inconvénients à mettre les coins en dehors, et qu'il y avait au contraire de très grands avantages à les placer en dedans. Nous avons insisté sur cette question, parce qu'elle nous a semblé mériter toute l'attention des ingénieurs, et que la routine nous paraît avoir seule servi de guide jusqu'à présent.

Moyens employés pour fixer les rails américains et les rails en U renversé.

Pour fixer sur les supports les rails américains et les rails ayant la forme de l'U renversé, on fait usage, en général, de vis ou de boulons traversant les rebords formant la base du rail.

Au chemin de Great-Western, on a employé des vis du côté de l'intérieur de la voie et des boulons à vis,

c'est-à-dire sans écrous, pour le côté extérieur. Sur les nouveaux chemins de fer construits en Irlande, par M. John Macniell, le rail est maintenu sur chaque traverse par une simple cheville en fer, qui passe à travers le rebord du rail.

Au chemin de Heidelberg à Carlsruhe, le rail est fixé au moyen de crampons barbelés, dont la tête presse le rebord du rail contre la longrine. Sur quelques chemins d'Amérique et d'Allemagne, on a fixé les rails en U renversé au moyen de boulons, dont la tête remplit le vide intérieur du rail, et dont l'écrou se trouve alors sous la longrine. Ce système a été employé au chemin de fer de Saint-Etienne pour le rail en acier fondu (*fig. X, pl.* 13). L'expérience nous a démontré qu'il était d'un entretien tellement difficile qu'on devait le considérer comme impraticable sur toute ligne un peu importante.

Sur le chemin de fer de Blesme à Gray, M. Tourneux se propose de fixer le rail en U renversé, au moyen de chevilles en bois comprimé (*page* 350), traversant la base du rail. Ce système a l'avantage d'être économique, mais il a tous les inconvénients que l'on reproche aux chevilles en bois (*note* G, *page* 515). En outre, il est à craindre qu'étant cylindriques, ces chevilles ne s'opposent pas assez au mouvement vertical du rail, et que les trous dans lesquels elles sont enfoncées venant peu à peu à s'agrandir, on ne soit obligé de déplacer les longrines, afin de pouvoir mettre les chevilles dans de nouveaux trous.

Inconvénients des vis et des boulons.

On reproche aux vis de prendre promptement du jeu; alors elles ne peuvent plus maintenir le rail dans le sens vertical. Quant aux boulons, on ne peut em-

ployer avec avantage que ceux dont l'écrou étant à crampon se place sous la longrine, comme cela a lieu pour les joints sur les nouveaux chemins de fer de l'Irlande. On doit observer que les boulons étant exposés à une humidité continuelle, l'oxidation s'empare rapidement de la partie taraudée et rend très difficile la manœuvre des écrous, lorsqu'il devient nécessaire soit de serrer les boulons, soit de les enlever pour changer les rails. En outre, les boulons ainsi que les vis ont le grand défaut d'exiger que les rails soient tous percés exactement de la même manière, afin qu'on puisse les changer, sans être obligé de percer de nouveaux trous dans les longrines, opérations qu'on doit éviter sous tous les rapports.

Il en est de même pour les chevilles en bois.

Avantages des crampons.

Les crampons barbelés ont sur les boulons et les vis les avantages suivants :

1° Leur pose est plus facile et moins coûteuse ;

2° Ils permettent aux rails de se contracter et de se dilater ;

3° Ils peuvent être placés en un point quélconque du rail, sans qu'on soit obligé d'en percer les rebords ;

4° L'oxidation n'a sur eux d'autre effet que l'usure ordinaire et commune aux boulons comme aux vis.

Moyens employés pour maintenir les extrémités des rails américains et des rails en U renversé.

Nous avons donné dans la note *B*, les divers moyens employés pour maintenir les extrémités des rails en U renversé et des rails américains, sur les chemins de fer d'Allemagne, d'Angleterre, des Etats-Unis et de France. Nous nous bornerons à faire remarquer que les ingénieurs allemands paraissent maintenant décidés à ne plus employer, pour maintenir les extrémités des rails américains, que des éclisses ou plaques en forme de cor-

nières, dont le côté vertical est boulonné au rail, et le côté horizontal vissé sur la traverse. Quant aux rails en U renversé, le système adopté par M. John Macniell (*fig. II*, *pl.* 13) nous paraît présenter, pour les voies de quelque importance, plus de solidité et de simplicité que ceux employés sur les autres chemins.

Nous terminerons cette note, en appelant l'attention sur le coin en bois, employé pour maintenir les extrémités des rails en U renversé, soit à Nantes, soit sur une partie du chemin de fer de Blesme (*pages* 350 et 380). Ce système est très simple et peut être avantageusement adopté pour des voies secondaires. Toutefois, il a l'inconvénient, vu ses faibles dimensions, d'être exposé à une prompte décomposition, et surtout d'être placé de manière à ne pas permettre de reconnaître dans quel état il se trouve.

NOTE G.

MOYENS EMPLOYÉS POUR FIXER LES COUSSINETS SUR LES SUPPORTS.

Moyens employés pour fixer les coussinets sur les supports.

Pour fixer les coussinets sur les supports, on emploie : 1° de simples chevilles en bois ; 2° des chevilles en fer ou des boulons, et 3° des coins en bois avec des chevilles en fer. Nous allons examiner les avantages et les inconvénients de ces trois systèmes d'attache.

Des chevilles en bois et de leurs dimensions.

Les chevilles en bois sont ordinairement en chêne ; on leur donne, en général, une longueur suffisante pour pouvoir pénétrer de $0^m,08$ à $0^m,10$ dans les supports ; quant à leur grosseur, elle varie de $0^m,03$ à $0^m,035$ de diamètre. On doit avoir soin d'abattre les arêtes de la partie supérieure, afin que les coups de marteau au moyen desquels on enfonce la cheville, viennent frapper au centre de la tête et ne la fassent pas fendre.

Nous avons expliqué (*page* 329), à l'occasion du chemin de fer de *South-Eastern*, le procédé employé par M. Cubitt, pour fabriquer les chevilles en bois dont il a fait usage sur ce railway. Nous ferons observer que ces chevilles ayant une surface conique et parfaitement lisse, doivent sortir facilement des trous dans lesquels on les a enfoncées ; il en serait autrement si, après avoir

été comprimées, les chevilles étaient taillées de manière à présenter la forme d'une pyramide tronquée. On conçoit qu'ainsi disposées, elles pénètrent dans les supports plus difficilement, et de manière à y adhérer beaucoup plus. Sur le chemin de fer de Saint-Étienne, on a commencé par employer les chevilles fabriquées au moyen d'un moule, mais l'expérience les a fait promptement abandonner, et on les a remplacées avec succès par des chevilles pyramidales. Nous ferons, du reste, remarquer que les menuisiers et les charpentiers ne se servent pas d'autre forme pour les chevilles destinées à maintenir les tenons dans les mortaises.

Emploi des chevilles en bois.

On emploie les chevilles en bois avec des dés en pierre et avec des traverses. Ces deux systèmes d'attache sont encore en usage sur le chemin de fer de Saint-Etienne, surtout pour les dés. Sur le chemin de fer de Douvres et sur celui de Montereau à Troyes, les chevilles en bois ont été employées avec des traverses, de préférence aux chevilles en fer, qui, depuis plusieurs années, les ont remplacées sur les autres chemins.

Coins en bois avec chevilles en fer.

Sur plusieurs chemins de fer, et notamment sur ceux de Darlington à Stockton, de Nürnberg à Fürth, et de Bavière, on a, pendant long-temps, employé pour fixer les coussinets sur les dés, des chevilles en fer pénétrant dans un coin en bois enfoncé préalablement dans le dé (*fig. IX*, *pl.* 4). Aujourd'hui, on renonce à ce système, qui, indépendamment d'un prix de revient très élevé, avait l'inconvénient d'exiger des trous d'un trop grand diamètre, et, par conséquent, d'exposer les dés à être brisés. En outre, l'expérience a démontré que les chevilles en fer ne tardaient pas à prendre du jeu dans le bois, et à perdre toute leur solidité. Sur le chemin de

Saint-Étienne, nous n'employons que de simples chevilles en bois, et nous nous en trouvons fort bien.

Avantages et inconvénients des chevilles en bois.

Les chevilles en bois peuvent être changées facilement, et sans endommager les dés ni les traverses; il n'en est pas de même pour les chevilles en fer. En effet, pour remplacer une cheville en fer hors de service, il faut, la plupart du temps, changer le chair de place, afin que la nouvelle cheville ne soit pas mise dans l'ancien trou qui aura été agrandi par l'enlèvement de la cheville supprimée; mais, pour changer le chair, il faut arracher sa seconde cheville, et, dès-lors, courir la chance de la détériorer; d'un autre côté, la traverse se trouvera percée de quatre trous très peu distants, et, par conséquent, sa résistance sera altérée. Ainsi, le changement d'une cheville en fer est une opération longue et coûteuse; il n'en est pas de même pour celles en bois ayant la forme pyramidale; il suffit, pour les faire tenir dans les anciens trous, de les enfoncer de manière que leurs arêtes ne correspondent pas à l'emplacement de celles des chevilles supprimées.

Les chevilles en bois sont sujettes à pourrir, surtout lorsqu'elles sont placées dans des dés; l'emplacement du chair formant souvent une cuvette dans laquelle l'eau séjourne et attaque les chevilles.

Points où les chevilles se pourrissent.

En général, la pourriture ne se manifeste pas sur la partie exposée à l'air; elle a principalement lieu dans la partie encastrée dans la traverse ou dans le dé; aussi avons-nous vu très souvent des chevilles se rompre précisément au niveau de la surface des supports. On conçoit, dès-lors, combien les chevilles en bois présentent peu de sécurité sur un chemin qui ne serait pas surveillé avec beaucoup de soin par les cantonniers.

Pour augmenter la durée des chevilles en bois, et les fixer plus solidement dans les dés, on a essayé sur le chemin de fer de Saint-Etienne à la Loire (*page* 377) d'enfoncer dans la partie supérieure des chevilles, un clou dont la large tête recouvrait celle de la cheville. Cet essai n'a pas réussi; le clou faisait fendre la cheville, et permettait à l'eau de pénétrer dans son intérieur.

Durée des chevilles en bois.

Une cheville en bois non comprimé, et n'ayant subi aucune préparation pour la préserver de la décomposition, dure environ quatre années; mais si, en la mettant en place, on la frappe sur les angles de manière à la faire fendre, alors l'eau pénètre dans son intérieur, et y détermine une prompte décomposition.

Chevilles en fer. Leurs dimensions.

En général, on donne aux chevilles en fer de $0^m,019$ à $0^m,020$ de diamètre. Le fer doit en être de première qualité, et surtout très résistant à froid. On en termine la partie supérieure de manière à lui faire former une tête plate ou une tête ronde. Cette dernière forme est préférée, parce qu'elle expose moins les rebords à être brisés. L'autre extrémité de la cheville doit être taillée en biseau.

Inconvénients des chevilles en fer.

Les chevilles en fer présentent les inconvénients suivants :

1° Elles sont exposées à être cassées près de la tête, et dans cet état, elles ne fonctionnent plus que dans le sens perpendiculaire à la voie; leur remplacement devient alors nécessaire;

2° Elles font souvent fendre les traverses, et les mettent hors de service; cet effet a lieu surtout avec les traverses d'une faible longueur, de $2^m,00$ par exemple, et lorsque les poseurs n'ayant pas suffisamment préparé le trou, y enfoncent la cheville en mettant le biseau

de son extrémité inférieure, dans le sens des fibres, au lieu de le mettre perpendiculairement à ces fibres;

3° S'il se trouve dans les trous des chairs quelques aspérités, et qu'on enfonce la cheville en frappant fortement, le chair ne résiste pas et se rompt;

4° Comme nous l'avons dit précédemment à l'occasion des chevilles en bois, le remplacement des chevilles en fer est long et souvent coûteux, surtout lorsque, cassées près de la tête, elles présentent peu de prise pour les arracher;

5° Quelques ingénieurs avaient pensé que les chevilles en fer s'oxideraient dans les traverses, et y auraient ainsi une très grande adhérence; l'expérience a démontré le contraire.

On conçoit, en effet, que les vibrations produites à chaque passage de roues, détachant l'oxide au fur et à mesure qu'il se forme, la cheville diminue de grosseur; d'un autre côté, les fibres du bois sont elles-mêmes usées par ce frottement continuel, et tout concourt, par conséquent, à donner du jeu aux chevilles, et non de l'adhérence. Dans cet état, les chevilles permettent aux chairs de se soulever, et dès-lors, la flexion du rail peut avoir lieu avec plus de facilité.

Avantages des chevilles en fer.

Les chevilles en fer pourraient donc être considérées comme nuisibles à la durée des rails et à la conservation du matériel; mais elles ont le précieux avantage, en maintenant toujours le chair dans le sens horizontal, de préserver les convois de tout déraillement, excepté cependant le cas tout particulier où les *deux chevilles d'un même chair de joint viendraient à se rompre précisément au niveau du support.*

Durée des chevilles en fer.

Nous avons enlevé des chevilles en fer posées depuis

environ cinq ans, dans des traverses de chêne, et nous n'avons reconnu d'usure que dans la partie comprise dans le chair. Cette usure était de $0^m,003$ à $0^m,0035$; elle avait principalement lieu d'un seul côté, et surtout à l'endroit correspondant à l'extrémité inférieure du trou du chair. C'est, du reste, en ce point que se produit sur la cheville, tout l'effort transmis au chair par le rail, au moment du passage des convois.

M. Manby, dans un article communiqué au *Journal des chemins de fer* (*), cite des chevilles en fer dont l'usure principale a eu lieu précisément au même point que sur celles dont nous venons de parler. Cette usure était de $0^m,005$, et d'après les renseignements donnés par M. Wood, une partie de ces chevilles avait été employée depuis l'origine du chemin de Liverpool à Manchester.

Sur le chemin d'Avignon à Marseille, on a pris la précaution de faire galvaniser les chevilles en fer. Nous ne pensons pas que cette opération préserve les chevilles de l'usure que nous avons constatée, puisque cette usure était le résultat, non de l'oxidation, mais du frottement de la cheville contre le chair. Chevilles galvanisées.

On a quelquefois remplacé les chevilles en fer par des boulons; on obtenait ainsi un système d'attache très solide, mais dont l'entretien présentait de grandes difficultés, et devenait très coûteux; aussi y a-t-on renoncé. Des boulons.

Sur le chemin de Darlington à Stockton, on a essayé de fixer les chairs sur les dés, au moyen de boulons, précisément comme l'indique M. Barlow *(page 113)*; mais ce système a été promptement abandonné.

(*) Numéro du 8 avril 1843.

NOTE *H.*

DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES EMPLOYÉS POUR SUPPORTER LES COUSSINETS ET LES RAILS, ET DES PROCÉDÉS PROPOSÉS POUR PRÉSERVER LES BOIS DE LA POURRITURE.

Dimensions à donner aux dés.

Les dés ou blocs en pierre sur lesquels sont fixés les chairs, doivent avoir des dimensions en rapport avec l'importance du chemin de fer, ou plutôt avec le poids des locomotives, et la distance à laquelle ils sont placés les uns des autres.

Sur le chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, l'expérience a conduit à donner aux dés, les dimensions suivantes : surface supérieure, $0^m,60$ sur $0^m,60$, ou $0^m,55$ sur $0^m,65$; de manière que la superficie en soit de $0^m,35$ à $0^m,36$ carrés ; l'épaisseur varie de $0^m,25$ à $0^m,30$. Cette dernière quantité ne devrait jamais être dépassée, autrement il serait difficile de bien caler le dé.

De plus fortes dimensions rendraient très pénibles la pose, et surtout le relevage des dés, opération souvent nécessaire pendant les premières années de l'ouverture d'un chemin de fer.

On trouvera dans la note B, page 277, les dimensions

données aux dés sur les différents chemins de fer d'Angleterre.

M. Perdonnet (*) pense qu'on peut, « pour les dés, » se servir de toute espèce de pierres, pourvu qu'elles » ne soient ni trop tendres, ni gelives. » L'expérience nous a prouvé qu'il fallait, au contraire, employer les pierres les plus résistantes à l'écrasement. Ainsi, aux pierres calcaires de Tournus et de Couzon, et au grès houiller de Rive-de-Gier, nous avons été obligé de substituer le grès houiller de Saint-Chamond, qui présente une dureté beaucoup plus grande. **Nature de la pierre.**

Il est très important, si la pierre est composée de couches, qu'elle soit débitée de manière qu'étant posée, elle ne se trouve pas en *délit.*

La durée des dés en pierre dépend surtout de la nature de la pierre, des dimensions qu'on donne aux dés et des soins apportés à leur mise en place. **Durée des dés.**

« Une enquête ouverte en 1849, par la compagnie du » London and North Western, établissait que la plus » grande partie des dés placés depuis long-temps, était » aussi saine qu'au moment de leur pose, à l'exception » de quelques cas où l'on avait fait usage de mauvais » matériaux. C'est surtout parce qu'on change systématiquement le genre de supports, qu'ils ont été enlevés, pour faire place aux traverses (**). »

Les dés ne sont pas exempts d'usure, comme beaucoup de personnes pourraient le penser; ils sont sujets à se fendre. Nous avons en outre constaté que, sur des dés en grès houiller très résistant, le chair y forme, **Usure des dés.**

(*) *Portefeuille de l'Ingénieur*, page 91.

(**) Lechatellier, *Chemins de fer d'Angleterre*, page 29.

petit à petit, un creux qui, au bout de peu d'années, avait jusqu'à $0^{m},04$ de profondeur. Cette usure a de graves inconvénients; elle permet à l'eau de séjourner autour des chevilles en bois destinées à maintenir le chair, et par conséquent elle en hâte la pourriture. Pour y remédier, on retourne le dé sens dessus dessous, et l'on perce de nouveaux trous pour les chevilles. Si l'épaisseur du dé dépasse $0^{m},25$, on se borne à faire disparaître le creux, en abattant les parties qui l'environnent. Cette opération est du reste très peu coûteuse; elle est ordinairement faite par les cantonniers chargés de l'entretien du chemin.

Il arrive souvent que des dés sont fendus en deux, et ainsi mis hors de service, par suite de la maladresse des ouvriers qui, au moment de la pose, les frappent avec des dames trop fortes, ou ne font pas attention, avant de frapper, que les dés ne reposent pas sur toute leur surface, en un mot, qu'ils sont *calés inégalement*.

Inconvénients des dés.

Les dés sont sujets à se déverser; dans cet état, ils exposent le champignon du rail à être promptement déformé. Ce dérangement des dés a lieu surtout lorsque le terrain ne présente pas une grande résistance. Telle est la raison pour laquelle on évite toujours de placer des dés sur les remblais nouvellement faits. Les dés ont en outre le défaut d'isoler, en quelque sorte, l'une de l'autre, les deux lignes de rails formant une même voie. On pourrait, à peu de frais, y remédier, en plaçant de distance en distance, et de préférence aux jonctions de rails, une légère tringle en fer, dont chaque extrémité pénétrerait sous le coussinet, et serait traversée par la cheville destinée à maintenir le coussinet au dé.

En général, les traverses sont en chêne, excepté cependant en Angleterre où cette espèce de bois étant rare, on lui a substitué le sapin, le pin et le mélèze. En Belgique, on avait employé, pour le chemin de Bruxelles à Anvers, des bois blancs de médiocre qualité ; au bout de cinq à six années, on a été obligé de les remplacer. En Allemagne, la majeure partie des traverses est en chêne. Dans les premiers temps, on avait fait usage de sapin, mais on s'est bientôt vu dans la nécessité d'y substituer le chêne, bien que ce dernier fût d'un prix beaucoup plus élevé. Nature du bois destiné à faire des traverses.

A Paris, où le chêne est seul employé pour les traverses, on préfère celui connu sous le nom de *bois flotté;* il est en général plus dur.

Le bois destiné aux traverses, doit avoir au moins un un an de coupe; autrement on serait exposé à voir le bois se fendre.

Sur le chemin de fer de Saint-Etienne, on avait d'abord donné aux traverses, les dimensions suivantes : longueur, $2^m,00$; largeur, $0^m,25$; épaisseur, $0^m,15$. Dimensions à donner aux traverses.

La dimension de $2^m,00$ pour la longueur, est trop faible ; elle ne permet pas de changer l'emplacement du chair, et surtout elle expose la traverse à être fendue, lors de l'enfoncement des chevilles destinées à maintenir le chair. Depuis plusieurs années, nous portons la longueur à $2^m,40$.

Voici les dimensions adoptées sur quelques chemins;

NOMS DES CHEMINS	LONGUEUR.	LARGEUR.	ÉPAISSEUR.
Chalon à Dijon, pour les joints. . .	2m,80	0m,35	0m,17
Id. — intermédiaires	2m,80	0m,21	0m,15
Bâle à Strasbourg	2m,20	0m,25	0m,15
Versailles (rive gauche)	2m,20 à 2m,40	0m,20 à 0m,35	0m,15 à 0m,20
Bordeaux à la Teste	2m,10	0m,20	0m,20
Montereau à Troyes, pour les joints.	2m,75 à 2m,60	0m,32	0m,15
Id. — intermédiaires	id.	0m,22	id.
Chemin du centre, pour les joints. .	2m,60	0m,32	0m,15
Id. — intermédiaires	2m,60	0m,22	0m,15
Orléans à Bordeaux	2m,75	0m,28	0m,16
Tours à Nantes	2m,75	0m,28	0m,16
Avignon à Marseille	2m,50	0m,25	0m,16

On tróuvera dans la note B, qnelques détails sur les traverses employées en Angleterre et en Allemagne.

La largeur de l'entrevoie peut être une cause de limite pour la longueur des traverses. Ainsi, avec 1m,00 d'entrevoie, comme à Saint-Etienne, on ne peut pas donner plus de 2m,40 aux traverses, autrement elles se toucheraient par leurs extrémités, et l'on perdrait l'avantage de pouvoir faire varier l'emplacement du chair, lorsque les chevilles sont cassées dans le bois, ou qu'elles ont pris du jeu dans leurs trous.

Nous ferons observer que, si l'on donne plus de 0m,25 à 0m,30 de largeur aux traverses, on rend difficile l'opération du calage; la traverse alors n'est plus soutenue que sur ses bords, et comme les chevilles des deux chairs sont toutes les quatre placées sur son axe,

souvent elle se fend par le milieu, au passage d'une locomotive ou d'un waggon chargé.

Traverses triangulaires de M. Cubitt.

En général, on forme les traverses avec des rondins coupés par le milieu, et reposant sur le sol par la surface plane. Aux environs de Paris et au chemin de Saint-Etienne, les traverses sont en bois équarri, par la seule raison qu'on y trouve plus facilement de grosses pièces de bois que des rondins. M. Cubitt a employé, pour le chemin de Londres à Douvres, des traverses triangulaires provenant de madriers de sapin du nord, de $0^m,30$ à $0^m,35$ carrés, refendus par deux coups de scie en diagonale. Ces traverses sont placées avec l'angle en bas; ainsi elles reposent sur deux faces. D'après M. Manby, elles ont l'avantage d'avoir autant de base ou d'assiette que des traverses de forme rectangulaire, contenant deux fois autant de bois, et en outre, elles permettent de refouler le ballast avec beaucoup de précision. Mais elles doivent avoir, selon nous, le grave inconvénient de pouvoir aisément se mouvoir autour de l'arète inférieure, et par conséquent de faciliter la flexion que tendent à prendre les rails, au moment du passage des roues au milieu des portées; dès-lors, elles doivent être considérées comme nuisibles à la conservation des rails et à la traction.

Quant à l'économie attribuée par M. Manby aux traverses triangulaires, il nous semble que la diminution de volume sera toujours compensée par la différence de prix des deux espèces de bois.

Avantages et inconvénients des traverses.

Les traverses présentent les avantages suivants:

1° L'élasticité dont elles jouissent, tend à diminuer l'intensité des secousses qu'éprouvent ordinairement

les voitures ; les traverses sont donc favorables à la conservation du matériel;

2° Elles relient les deux lignes de rails formant la même voie, et les maintiennent toujours à la même distance ;

3° Elles rendent le tassement de la voie à peu près régulier, et permettent ainsi de circuler avec beaucoup moins de danger sur les parties dont le sol serait sujet à s'affaisser. Leur emploi est donc tout-à-fait indispensable sur les remblais nouvellement faits.

Les inconvénients des traverses sont les suivants :

1° Comme nous l'avons établi précédemment (*note* C, *page* 387), l'élasticité des traverses, si favorable à la conservation du matériel, est nuisible à celle des rails.

2° Souvent la pression exercée par les roues ne se transmet qu'à la partie de ballast sur laquelle reposent les extrémités de la traverse ; cette partie de ballast se tassant peu à peu, la traverse ne se trouve plus supportée que vers le milieu de sa longueur, et ses extrémités fléchissent au passage des roues. Alors, non seulement la traverse est exposée à se rompre, mais encore il y a désorganisation dans l'assiette de la voie, chance de rupture pour le rail, et production de cahots des plus fatiguants pour les voyageurs.

3° Les traverses ont évidemment une durée de beaucoup inférieure à celle des dés. Ainsi, sur 960 traverses posées en juin 1841, dans le tunnel de Couzon, on a été obligé d'en changer 110 en avril 1844 ; elles étaient en général décomposées ; quelques unes étaient fendues aux extrémités. Nous ferons remarquer que ces traverses étaient placées dans un terrain constamment humide, c'est-à-dire dans de très mauvaises conditions ;

aussi regardons-nous leur usure comme un maximum. Dans la plaine d'Yvours, des traverses ayant à peu près les mêmes dimensions, et posées sur un remblais en gravier, ont duré, en moyenne, huit années. Elles n'avaient subi aucune préparation propre à augmenter leur durée.

4° Lorsqu'une traverse est en partie pourrie, le chair, au moment d'un passage de convoi, peut s'y enfoncer et devenir alors une cause de déraillement, soit par la rupture du rail, soit par le simple effet de son affaissement. Le déraillement sera encore plus probable, si cette traverse est placée sous un joint. A l'appui de notre opinion, nous pourrions citer un déraillement arrivé le 15 septembre 1847, dans le tunnel de Couzon, sur le chemin de fer de Saint-Etienne, et qui n'avait d'autre cause que le mauvais état d'une traverse de joint.

Il est difficile de reconnaître en quel état d'usure se trouvent les traverses, et par conséquent de s'assurer si elles peuvent encore résister à la pression des convois. Cette vérification si importante, est d'autant plus difficile que, très souvent la partie supérieure est la moins attaquée par la pourriture.

5° Lorsque les courbes du chemin sont d'un faible rayon, les chevilles ne tardent pas, par suite des chocs latéraux, à agrandir leur emplacement dans les traverses; on se trouve alors obligé, pour maintenir la voie, d'employer des cales, ou de déplacer les coussinets.

De plus, dans les courbes, l'emploi des traverses nécessite des rails de différentes longueurs, pour que les joints des deux branches puissent se trouver sur la même traverse.

6° Toutes les traverses d'un chemin de fer ayant à peu

près les mêmes dimensions, et se trouvant formées de la même nature de bois, leur durée sera à peu près égale. Leur renouvellement devra donc avoir lieu à la fois sur toute la ligne. Cette circonstance peut être très grave sous le rapport financier. Il n'en est pas de même pour les dés; leur durée, et par conséquent leur remplacement varie en quelque sorte pour chacun d'eux. Sur le chemin de Saint-Etienne, par exemple, nous n'avons jamais eu pour les dés, de renouvellement général à opérer.

7° Enfin, les traverses sont en général d'un prix beaucoup plus élevé que celui des dés en pierres. Ainsi, sur le chemin de Saint-Etienne, une traverse de 2^{m},40 sur 0^{m},25 et 0^{m},15, revient à 6 fr., tandis qu'un dé en pierre ayant 0^{m},60 sur 0^{m},60, et une épaisseur de 0^{m},25 à 0^{m},30, coûte seulement 1 fr. 10 c., soit pour les deux dés, 2 fr. 20 c. Dans ce prix, est comprise la façon des deux trous pour les chevilles de chaque chair. La différence de prix est donc de 3 fr. 80 c. On doit en outre observer que le prix de 6 fr. est un minimum, puisque nous avons supposé que la traverse avait seulement 2^{m},40 de longueur, tandis que, sur les autres chemins, cette longueur est de 2^{m},60 en moyenne.

Influence du ballast sur la durée des traverses.

La nature du ballast et la manière dont il est disposé, doivent nécessairement influer sur la durée des traverses. M. Liebig, dans son *Traité de chimie organique*, fait les observations suivantes sur l'influence que la nature du sol peut exercer sur la pourriture des bois:

« Dans un sol argileux, bien ferme, l'humidité, l'une » des conditions nécessaires à la pourriture des matières » végétales qu'il renferme, se maintient le plus long- » temps, tandis que la rencontre de l'air s'y trouve in-

» terceptée par la consistance même du terrain. Dans » un sol sablonneux et humide, au contraire, et mieux » encore, dans un terrain composé à la fois de calcaire » et de sable, la pourriture procède le plus rapidement, » par suite du contact des matières végétales avec la » chaux. »

Sur presque tous les chemins de fer, on a soin d'élever la couche de sable formant le ballast, de manière à ce qu'elle recouvre les coins, les chevilles et les traverses, dont on prétend augmenter la durée en les garantissant ainsi du contact de l'air; mais alors, les eaux pluviales, pour se rendre dans les fossés du chemin, sont obligées de traverser le ballast, et pour peu que leur marche se trouve entravée, elles séjournent dans le ballast, elles en diminuent la consistance, et dès-lors les supports s'enfoncent et les rails perdent leur niveau; d'un autre côté, les traverses sont exposées plus longtemps à l'humidité et par conséquent à la pourriture.

Sur le chemin de Saint-Etienne, le ballast laisse à découvert les coins, les chevilles et le dessus des traverses. Entre chaque support on a ménagé une petite rigole qui, passant sous le rail, aboutit du centre de la voie aux fossés latéraux. De cette disposition résultent les avantages suivants :

1° Les eaux pluviales, au fur et à mesure qu'elles tombent sur la voie, se rendent dans les fossés sans pénétrer le ballast, et sans altérer sensiblement sa consistance.

2° La composition du ballast présente moins de sujétion; on peut, non seulement sans aucun inconvénient, mais encore avec avantage, employer des sables mêlés de terre, qui forment un ensemble suffisamment élasti-

tique et moins perméable; tandis que sur les autres chemins on se trouve obligé de choisir du sable pur, qu'il est en général difficile et coûteux de se procurer. Ainsi, au chemin de Versailles, rive gauche, on l'a payé jusqu'à 6 et 7 fr. le mètre cube, et au chemin de Lille à la frontière belge, on n'a pu l'obtenir à moins de 12 fr. (*)

3° Les cantonniers peuvent vérifier l'état des coins et des chevilles sans être obligés de les dégager du ballast, opération qui demanderait beaucoup trop de temps. Cette dernière considération nous a toujours paru être d'une très grande importance; aussi exigeons-nous des cantonniers, que les coins et les chevilles soient toujours entièrement découverts.

Quant à la pourriture, l'expérience nous a démontré depuis long-temps qu'elle était, pour ainsi dire, de nul effet sur nos coins et sur l'extérieur des chevilles. Il a été également reconnu, comme nous l'avons déjà fait observer (*note* F, *page* 509), que la surface supérieure des traverses non recouvertes de sable, est toujours beaucoup mieux conservée que la surface inférieure. Nous avons même constaté que souvent la surface de dessous est fortement attaquée, lorsque celle de dessus est encore intacte. Ce fait ne prouverait-il pas que c'est à tort qu'on espère prolonger la durée des traverses en les recouvrant d'une couche de sable.

Elasticité à donner aux dés. Sur plusieurs chemins de fer d'Angleterre et d'Allemagne (*voir note* B), on a donné aux dés toute l'élasticité des traverses, en plaçant sous les chairs un morceau de feutre goudronné.

(*) *Portefeuille de l'ingénieur*, page 80.

Sur d'autres chemins, comme par exemple celui de Stockton à Darlington, on a fait usage de dés en bois ayant $0^m,60$ sur $0^m,38$ et $0^m,15$. Dés en bois ou demi-traverses.

Sur le chemin de Saint-Étienne, nous avons cherché à réunir les avantages des deux systèmes de support, en employant la disposition indiquée par la fig. XIII, pl. 13, et d'après laquelle chacun des rails de la branche de droite se trouve relié aux rails de la branche de gauche, par trois points, quantité bien suffisante pour empêcher tout écartement. En outre, les joints sont placés sur des traverses, et de manière à ce que ceux des rails de droite ne correspondent pas à ceux des rails de gauche. Quant au prix de revient, il est évidemment de beaucoup inférieur à celui d'une pose faite entièrement sur traverses. Une expérience de douze années nous autorise à considérer ce système mixte comme présentant toute la solidité désirable. Système mixte.

Nous avons précédemment (*page* 473) signalé les principaux inconvénients que présentent les longrines employées pour supporter les rails américains ou en U renversé. Nous ajouterons que, par suite de la solidarité de leur ensemble, elles rendent difficile le relevage des parties de voie affaissées par le tassement du sol ou du ballast. Ainsi, sur un remblais fait depuis peu, elles doivent exiger des réparations fréquentes et dispendieuses. On peut encore leur reprocher de ne pouvoir facilement être employées dans les courbes d'un faible rayon. Ces inconvénients peuvent être balancés par les avantages suivants; Longrines.

1° La voie est plus douce que celle posée sur dés ou sur traverses.

2° Le rail se trouvant supporté dans toute sa lon-

gueur, peut être d'une force, et par conséquent d'un poids moindre, que s'il reposait sur des dés ou sur des traverses;

3° La continuité du support donne aux joints des rails une très grande solidité; il en résulte que les extrémités des rails sont moins exposées à être déformées, et que dès-lors il y a augmentation de durée pour les rails.

Quant au prix de revient des longrines, il est, toutes choses égales d'ailleurs, à peu près le même que celui des traverses.

Supports en fonte. Pour remédier aux graves inconvénients résultant du peu de durée des traverses en bois, MM. Bessas, Lamégie et Henry ont proposé d'employer des supports en fonte, réunis par une entre-toise mobile. Ils en donnent la description suivante:

« Ce système se compose de deux supports en fonte, » dont la base est un parallélogramme de $0^m,35$ de côté, » pour les points intermédiaires, et de $0^m,41$ pour les » joints, et dont l'épaisseur est de $0^m,10$, depuis la par- » tie inférieure de la base, jusqu'à la naissance des mâ- » choires des coussinets qui surmontent la plate-forme, » et avec laquelle elle ne forme qu'une seule et même » pièce. Ces supports sont liés l'un à l'autre, à la dis- » tance de la voie de fer, par une entre-toise, ou tige en » fer, de $0^m,025$ de diamètre, dont les extrémités entrent » librement dans chaque support et y sont fixées au » moyen d'une clavette conique. La tête de la clavette » se trouve cachée et maintenue par la base du rail. » Les supports intermédiaires pèsent 25 kilog., et ceux » de joint 32 kilog. Le poids de la tringle en fer est de » 5 kilog. »

MM. Bessas, Lamégie et Henry, évaluent leurs sup-

ports, à.	12 f. 60 c.
Et une traverse en bois avec ses deux coussinets et la pose, à.	14 f. 60 c.
D'où ils concluent une différence de	2 f. » c.

en faveur de leur système.

Toutefois, nous devons faire remarquer que dans leur évaluation, ces messieurs estiment la traverse à 9 fr., prix en général trop élevé. Ainsi, au chemin de Versailles (rive gauche), les traverses n'ont coûté que 7 fr. 50 c., et à Saint-Etienne 6 fr. La différence de prix de premier établissement serait donc très faible ; mais, d'un autre côté, on doit observer que lors de la mise hors de service de l'un et de l'autre système, la traverse ne représentera aucune valeur, tandis que les supports en fonte et la tringle pourront, au minimum, être évalués à 12 fr. les 100 kilog., prix de la vieille fonte, soit 6 fr. pour 50 kilog., poids réduit des deux supports et de la tringle. Il y aurait donc avantage sous le rapport de l'économie, à employer le système de MM. Besson, Lamégie et Henry.

Malheureusement, ce système, du reste fort ingénieux, nous paraît avoir un grave défaut, qui en rendra l'adoption réellement impossible dans beaucoup de cas. Chaque support à $0^m,35$ sur $0^m,35$, soit en superficie $0^m,12$, quantité beaucoup trop faible pour résister à la pression des roues ; évidemment de tels supports ne tarderaient pas à s'enfoncer dans le sol. Ces dimensions étaient précisément celles des premiers dés employés sur le chemin de Saint-Etienne à Lyon ; on a été promptement obligé de les abandonner. Les traverses en bois ont, au minimum, $2^m,40$ de longueur sur $0^m,25$; elles présen-

tent par conséquent une superficie de 0m,60, c'est-à-dire presque le triple de celle de deux supports en fonte.

Pour remédier au défaut que nous venons de signaler, on pourrait évidemment augmenter la superficie de la base de chacun des deux supports, mais alors l'économie supposée par MM. Besson et Henry n'aurait plus lieu, et en outre on aurait à craindre les ruptures si fréquentes dans les pièces de fonte exposées à des chocs aussi violents que ceux produits par les locomotives.

En résumé, il sera préférable d'employer des traverses en bois, excepté cependant sur les chemins où l'on ne fait pas usage de locomotives ou de waggons fortement chargés.

Traverses en fer et en bitume.

Un ingénieur anglais, M. J. Orsi, a pris dernièrement un brevet, et a formé une compagnie pour l'exécution de traverses en fer et bitume. Voici les détails donnés sur ce système par le *Moniteur industriel*, des 25 mars et 15 avril 1847 :

« Les traverses de M. J. Orsi consistent en un morceau de fer forgé, de dimensions ordinaires, auquel les coussinets sont attachés. Ce morceau de fer est entouré d'une masse solide de ciment bitumineux, en sorte que le fer ne peut pas se trouver en contact avec l'air ni avec l'eau, et, par conséquent, ne peut pas se détériorer. Le ciment bitumineux étant moulé dans un auget, prend toutes les formes possibles, et peut ainsi avoir une base aussi large qu'on le désire. Quant aux chairs, ils ne peuvent se relâcher. Ce système présenterait, suivant son auteur, une grande économie sur les frais de premier établissement et d'entretien. »

M. Pouillet, employé de la Compagnie du chemin de fer du Nord, a proposé un nouveau système de traverses, qui, tout en maintenant l'écartement des rails, présenterait à la pression des convois une surface plus large que celle des traverses ordinaires.

Traverses à tables de pression.

Ces traverses consistent en une pièce de bois de $2^m,10$ de longueur sur $0^m,06$ de hauteur, et $0^m,16$ de largeur. Chacune des extrémités de cette pièce repose sur une *table de pression*, composée de deux plateaux de bois, ayant ensemble $0^m,60$ sur $0^m,60$, et dont l'épaisseur est de $0^m,05$. Le joint de ces plateaux correspond à l'axe du rail, et tous deux sont maintenus à la traverse, soit par deux boulons isolés placés à droite et à gauche du coussinet, soit par deux boulons qui servent en même temps à fixer le chair. Ce système présente évidemment de l'économie, puisqu'il peut être établi avec des bois de faibles dimensions, et que l'épaisseur de la couche du ballast peut être réduite; mais nous craignons que la nécessité d'employer des boulons ne rende plus tard l'entretien difficile et dispendieux, comme nous l'avons déjà fait observer à l'occasion des rails en U renversé.

Le système de M. Pouillet vient d'être adopté pour le chemin de fer de Ceinture; il avait déjà été essayé sur le chemin de fer de Chartres et sur celui du Nord, où jusqu'à présent l'on en a été très satisfait.

MM. Mols, Charlet et Bonnevie ont présenté un nouveau système de supports entièrement en fer, et qu'ils décrivent ainsi :

Système de MM. Mols, Charlet et Bonnevie.

Système de railway à plateaux de forme brisée, reliés par une seule tringle.

« Ce système est représenté en élévation par la fig. » III, pl. 15, et en plan par la fig. IV; chacun des pla- » teaux a $0^m,30$ de large sur $0^m,50$ de longueur déve- » loppée. L'épaisseur, plus forte vers le centre, c'est-à- » dire aux endroits qui ont le plus de fatigue, va en » diminuant vers les extrémités. Ainsi, dans la partie » repliée, elle est de $0^m,012$, tandis qu'aux extrémités » elle n'est que de $0^m,003$. La tringle transversale des- » tinée à réunir les deux plateaux, a une forme évidée » par dessous, ayant $0^m,05$ de largeur, et $0^m,01$ d'épais- » seur dans le plafond.

» Les plateaux sont attachés à cette tringle par deux » rivures. Le rail placé dans la partie coudée, y est » maintenu dans la partie inférieure par le creux du » plateau, et dans la partie supérieure par deux bou- » lons à vis, auxquels les trous taraudés des plateaux » servent d'écrous.

» Au besoin, on pourrait mettre deux tringles au lieu » d'une; chacune d'elles serait alors fixée à l'extrémité » du plateau.

» Les fig. V et VI représentent le système appliqué à » un rail en U renversé; il est composé de deux pla- » teaux ayant chacun $0^m,40$, et reliés par deux tringles. » Ces plateaux ont $0^m,004$ d'épaisseur, et sont fortifiés » dans les parties les plus exposées à la fatigue, par des » saillies de $0^m,004$ de hauteur, de manière que le rail » repose, à chaque extrémité latérale et au milieu de ses » plateaux, sur une épaisseur de $0^m,008$. Les plateaux

» présentent en outre deux autres saillies de la même » hauteur que les précédentes, et contre lesquelles » viennent s'appuyer les arrêtoirs destinés à maintenir » le rail sur les plateaux. Ces arrêtoirs ont chacun $0^m,14$ » de longueur : celui de l'extérieur est rivé au plateau, » et celui de l'intérieur y est attaché au moyen de deux » boulons à écrous.

» Les plateaux sont reliés entre eux par deux tringles » transversales qui en renforcent les extrémités, et qui » y sont fixées par des rivets.

» La fig. XII représente une modification du premier » système. Les plateaux n'ont plus que $0^m,008$ d'épais- » seur sous le rail, et $0^m,003$ aux extrémités ; mais ils » sont fortifiés par le prolongement des deux tringles » destinées à réunir les plateaux, et qui sont placées » ainsi que l'indique le plan relatif au rail en U ren- » versé. Le rail y est maintenu dans sa partie supérieure » par deux boulons à écrous. »

Dans une quatrième disposition, MM. Mols et C[ie] terminent les plateaux par un retour vertical qui doit s'enfoncer dans le sol.

Ces divers systèmes donneraient aux rails toute la solidité que les ingénieurs anglais cherchent à obtenir avec le joint à éclisses. En outre, ils permettraient de diminuer d'environ $0^m,20$ l'épaisseur du ballast ; toutefois, nous ferons observer que les dimensions des plateaux nous paraissent un peu faibles, et que l'entretien présenterait tous les inconvénients que nous avons reprochés précédemment au sytème de MM. Samuel et Adam. (*Note* F, *page* 502.)

Quant au prix de revient, MM. Mols et C[ie] s'engagent

à livrer à Bruxelles, le système le plus compliqué, pour la somme de 13 fr. 76 c.

Nous terminerons cette note par quelques observations sur les différents procédés employés pour préserver les bois de la pourriture.

Causes de l'altération des bois

L'altération des bois peut en général être attribuée aux causes suivantes :

1° A la présence de fluides aqueux dans l'intérieur du bois, 2° au contact d'agents extérieurs, et 3° aux insectes xytophages.

Si le bois, à sa sortie de la forêt, est mis à couvert, de manière à rester exposé à un courant d'air sec, les fluides aqueux qu'il renferme se dessèchent peu à peu, et le bois se trouve en général dans de bonnes conditions de durée, tant qu'on ne l'expose pas à l'humidité. Si, au contraire, on laisse à l'extérieur le bois nouvellement abattu, ses fluides, sous l'influence des rayons du soleil s'échauffent, augmentent de volume, font gercer et fendre le bois, et permettent ainsi aux eaux pluviales et à l'oxigène de l'air d'y pénétrer, et d'y développer peu à peu la pourriture. Souvent cette décomposition ne se manifeste à l'extérieur du bois que quand l'intérieur est presque entièrement atteint.

Parmi les agents extérieurs dont le contact peut produire l'altération du bois, nous ne nous occuperons que de l'air et de l'humidité, qui, réunis, ne tardent pas à déterminer la pourriture, si justement considérée par Liebig (*) « comme une combustion à température » basse, parfaitement identique dans ses résultats avec » une combustion qui s'opère à une température plus

(*) *Chimie organique*, page 273.

» élevée, sous l'influence d'une quantité insuffisante
» d'oxigène. »

Si le bois mis en contact avec l'air et l'humidité, ne contient plus de fluides aqueux, la pourriture se manifeste, non à l'intérieur comme dans le cas précédent, mais à l'extérieur, et gagne peu à peu le centre de la pièce.

Règle générale, la pourriture sera d'autant plus prompte, que le bois aura un tissu cellulaire moins serré, qu'il contiendra plus de liquides et surtout d'albumine végétale. Ainsi, l'accacia qui résiste parfaitement à la pourriture, contient très peu d'albumine.

Quant aux insectes qui attaquent le bois, on cite les tharets et les thermites comme étant les plus dangereux. Avides de l'albumine végétale, ils vont la chercher dans l'intérieur des cellules, et, pour y parvenir, ils traversent le bois dans tous les sens et le réduisent en poussière.

De ce qui précède, il résulte que les procédés à employer pour préserver les bois, doivent être divisés en deux catégories, selon que le bois est parfaitement sec, c'est-à-dire dépourvu de ses fluides aqueux, ou que, nouvellement abattu, il les contiendra encore en grande partie. Telle est la division que nous allons suivre dans l'examen des divers procédés de conservation employés jusqu'à présent.

Lorsque les bois sont secs, on les garantit de la pourriture en les recouvrant de plusieurs couches de peinture ou de goudron. Nous avons vu employer avec succès le procédé suivant : *Procédés à employer pour les bois secs.*

On place sur le bois une première couche très claire de peinture, de manière que l'huile puisse facilement *Nouveau système de peinture.*

pénétrer dans les pores du bois; puis on met une deuxième couche la plus épaisse possible, et on la recouvre aussitôt de sable tamisé et très sec. On laisse sécher; ensuite, au moyen d'un pinceau à longs poils, on fait tomber le sable qui ne fait pas corps avec la peinture. Cette opération terminée, on pose une troisième couche de peinture; on obtient ainsi un excellent enduit.

Goudronnage. Pour le goudron minéral, nous faisons ordinairement usage de la composition suivante :

Goudron minéral . . .	10	kilog.
Asphalte	2	»
Chaux en poudre . . .	1	»

L'asphalte doit être cassée en très petits morceaux, afin de faciliter sa fusion; on ajoute la chaux lorsque l'asphalte est entièrement fondue.

Glu marine. La glu marine, posée par couche, préserve très bien les bois secs.

Goudron recouvert de sable fin. Le procédé suivant nous a également réussi :

Au fur et à mesure que l'on pose le goudron, on le recouvre de sable tamisé, qu'on a eu soin de faire préalablement chauffer sur une plaque de tôle; ce sable fait corps avec le goudron, et forme un enduit qui résiste parfaitement à l'humidité.

Le sable a en outre l'avantage, par sa couleur blanche, de diminuer l'effet des rayons du soleil sur le goudron, qui ordinairement a l'inconvénient de se fondre et de se volatiser en partie.

Nous avons constaté qu'au bout de dix années, des lattes de sapin recouvertes de goudron et de sable étaient parfaitement conservées, bien qu'elles fussent placées en treillage le long d'un mur, dans un jardin à

la fois humide et très chaud. Le même procédé nous a permis d'employer du papier gris pour former la toiture de hangars légers.

Plongés entièrement dans l'eau, certains bois, tels que le chêne et le sapin, se conservent indéfiniment. Ainsi, nous avons eu occasion de faire arracher des pieux de sapin ayant servi à la fondation de l'un des ponts de la Mulatière, et nous avons reconnu que ces pieux, après un séjour de dix-neuf années dans l'eau, étaient complétement intacts. **Effets de l'eau sur le bois.**

Le chêne plongé dans l'eau pendant un certain temps, augmente de dureté; en effet, tout le monde sait que le bois flotté est plus dur. Cet effet est produit par le tannin, qui, dissout par l'eau, réagit sur l'albumine et la durcit. **Effets de la chaux sur les bois.**

La chaux conserve parfaitement le sapin; elle produit l'effet inverse sur le chêne. Ainsi, les extrémités de poutres en sapin placées dans la maçonnerie, se conservent parfaitement, tandis que celles des poutres en chêne sont rapidement décomposées, si l'on n'a pas soin de les garantir du contact du mortier.

Les Anglais ont substitué à la peinture et au goudron, une essence à laquelle ils donnent le nom de *cerizote*, et qu'ils obtiennent par distillation du goudron provenant des usines à gaz. Ils emploient cette espèce d'huile par une simple imbibition des bois, soit à froid, soit à chaud. **Essence extraite du goudron.**

Ce procédé est très répandu en Angleterre, où la quantité considérable d'usines à gaz permet de se procurer cette huile à très bas prix. Il n'en est pas de même en France; aussi l'emploi de cette substance y est-il fort restreint.

Procédés à employer pour les bois nouvellement abattus et exposés à l'humidité.

La catégorie de procédés dont nous allons maintenant nous occuper, concerne les bois qui, abattus depuis peu, ont conservé une grande partie de leurs fluides aqueux, et sont destinés à être exposés à l'air et à l'humidité. Les nombreuses expériences faites jusqu'à présent, ont démontré que, pour conserver de tels bois, il fallait parvenir, soit à enlever leurs fluides et à les garantir ensuite de l'humidité, soit à désorganiser, au moyen d'agents chimiques, ces fluides et surtout l'albumine, en les convertissant en composés insolubles et inaltérables. Nous allons exposer les principaux procédés proposés pour atteindre ces deux buts.

Dessication.

Pour conserver les bois, et surtout pour prévenir ce qu'on appelle *le jeu du bois* après qu'il est mis en œuvre, on s'est borné pendant long-temps, à employer la dessication naturelle, comme nous l'avons fait observer plus haut; ce procédé suffit lorsque le bois doit rester à l'abri de l'humidité, mais il a le grave inconvénient d'exiger beaucoup de temps, et de ne présenter réellement d'efficacité que pour les bois de faibles dimensions ; aussi lui a-t-on substitué avec succès la dessication artificielle, produite au moyen d'étuves, dans lesquelles le bois soumis à une certaine température, perd entièrement les fluides qu'il peut contenir. En employant ce procédé, on doit avoir soin de chauffer lentement et progressivement les étuves, autrement on exposerait le bois à devenir cassant, et surtout à se fendre.

Dépourvus de tout fluide, les bois rentrent alors dans la catégorie des bois secs dont nous nous sommes occupé plus haut, et pour être mis à même de se conserver, ils n'ont plus besoin que d'être recouverts d'un enduit

qui empêche l'humidité, l'air et les insectes de pénétrer dans leur intérieur.

Pour parvenir à ce résultat, on emploie, en Angleterre, les deux procédés ci-après (*) :

« Suivant l'un de ces procédés, on fait avancer pro-
» gressivement dans un four très long, sur de petits cha-
» riots, les traverses que l'on veut préparer, et après les
» avoir amenées très graduellement, en les faisant passer
» dans des parties de plus en plus chaudes du four, à
» un point assez voisin de la torréfaction, on les im-
» merge brusquement dans un bain de créosote. Selon
» l'autre procédé, on se sert d'une chaudière cylindrique
» en tôle, de $1^m,50$ à $0^m,80$ de diamètre, et de $12^m,00$ de
» long, dans laquelle sont placés des rails qui se rac-
» cordent avec un petit chemin de fer extérieur, et qui
» portent une série de petits chariots sur lesquels sont
» chargées les traverses. La charge entière est introduite
» dans le cylindre au moyen d'une chaîne, sortant par
» un trou d'homme percé à l'extrémité du cylindre, et
» s'enroulant sur un treuil. Après avoir remis en place
» la plaque de fonte qui ferme l'embouchure du cylin-
» dre, on fait le vide aussi complètement que possible,
» et en même temps on chauffe, au moyen de la vapeur
» d'échappement de la machine, la créosote déposée
» dans une bâche à côté du cylindre. Lorsque le vide
» est complet, on ouvre le robinet d'un tuyau qui plonge
» dans le bain de créosote, et celle-ci est refoulée par
» la pression atmosphérique dans le cylindre; on achève
» de remplir celui-ci au moyen d'une pompe, et l'on
» établit à l'intérieur une pression de deux atmosphères

(*) Lechatellier, *Chemins de fer d'Angleterre*, page 27.

» effectives, en y lançant la vapeur de la chaudière, qui
» qui a pour effet, en même temps, d'entretenir la tem-
» pérature du bain. On maintient la pression pendant
» quatre ou cinq heures.

» Ce procédé est assez imparfait, quant à la disposi-
» tion de l'appareil; il y aurait certainement avantage à
» disposer deux cylindres dans lesquels on opérerait
» alternativement, en faisant passer le liquide de l'un
» dans l'autre, en établissant la pression au moyen de la
» pompe hydraulique seule, et en élevant fortement la
» température au moyen d'un courant de vapeur qu'on
» ferait circuler dans un serpentin à la partie inférieure
» du bain, au lieu de jeter la vapeur au milieu des hui-
» les, pour en séparer ensuite par décantation l'eau de
» condensation. Quoi qu'il en soit, ce procédé paraît
» être plus généralement employé; on reproche au
» premier de rendre le bois cassant. Le prix de la pré-
» paration au moyen de la créosote, est de 75 centimes
» à 1 franc. »

Passons maintenant aux procédés chimiques proposés pour désorganiser les fluides et l'albumine des bois.

Emploi du sublimé corrosif.

Pendant long-temps, on a employé avec succès, sur les principaux chemins de fer d'Angleterre et d'Allemagne, le procédé inventé par M. Kyan, pour préserver les traverses de toute altération; il consiste à faire baigner le bois dans une dissolution de sublimé corrosif, ou bi-chlorure de mercure.

M. Baumgarten a donné, dans les *Annales des Ponts-et-Chaussées* (*), la description suivante de ce procédé, tel qu'il a été employé sur les chemins de fer allemands :

(*) Année 1845, page 445.

« Les longrines et traverses ont été imprégnées de » chlorure de mercure, pour leur donner plus de durée; » il en a coûté 25 fr. 50 c. pour imprégner un mètre » cube, et on a calculé que le bois de pin naturel, » qui coûte 49 fr. le mètre cube et dure cinq ans, et » celui de chêne qui coûte 66 fr. 10 c. le mètre cube et » dure sept ans, devraient durer seulement 8 ans et 0,8 » et 9 ans et 0,33, pour qu'il y ait avantage à les impré- » gner; or, en les imprégnant, leur durée est augmentée » de plus de 3 ans et de 2 ans et 0,33.

» La dissolution est formée par une partie, en poids, » de chlorure de mercure et 1,50 partie d'eau. L'ap- » pareil consiste :

1° En une auge d'une capacité de 31 mètres cubes, de » $9^{m},30$ de longueur, $1^{m},32$ de hauteur et $2^{m},52$ de » large, construite très solidement, et rendue très étan- » che par de la toile et du goudron minéral; 2° en un » réservoir pour la dissolution d'une capacité de $8^{m},400$ » cubes; 3° en une tonne pour opérer le mélange de la » capacité de 150 à 180 litres; 4° en une pompe aspi- » rante, dans la construction de laquelle il n'entre pas » de fer non plus que dans les autres pièces; 5° enfin, » en un instrument pour mesurer le degré de la prépa- » ration au moyen d'une dissolution d'iode. Les bois » sont couchés dans l'auge de manière à ne pas se tou- » cher entre eux, ni être en contact avec l'auge; la » dissolution doit les recouvrir de $0^{m},015$ au moins; » on y a mis huit rangs de traversines en hauteur. Pour » la première imbibition, on emploie en moyenne 56 » kilog. de chlorure de mercure, et 20 seulement pour » les suivantes, à cause de l'excédant de dissolution » restant. Les bois en place, on introduit la dissolution;

» on remplit l'auge à $0^m,06$ en contre-bas du bord, et » on la recouvre de planches. La durée de l'immersion » est donnée par la formule :

$$t = 1,55 (a + b) + 1.$$

» t est le nombre de jours d'immersion ; a et b sont les » dimensions des deux côtés du bois mesurés en mè- » tres ; cependant, pour des pièces un peu fortes, cette » formule donne des quantités trop faibles ; ainsi, une » pièce de $0^m,25$ sur $0^m,30$ devrait rester dix-huit jours » imbibée. On est obligé de brasser tous les jours la » dissolution, de la maintenir au même degré de con- » centration, et de faire que l'auge soit toujours pleine. » Le temps nécessaire passé, on pompe l'eau, on lave » et on nettoie les bois avec un balai, et on les fait sé- » cher sous un hangar couvert ; en quatorze ou vingt- » un jours ils sont secs, même par le mauvais temps. »

On reproche au procédé de M. Kyan, de revenir à un prix beaucoup trop élevé, et d'être très dangereux pour les ouvriers qui l'appliquent.

Arsenic. Nous avons vu, en 1840, au chemin de fer de Bolton à Preston, employer l'arsenic de la manière suivante :

Dans une chaudière cylindrique, fermant hermétiquement, et munie de soupapes, on plaçait un certain nombre de longrines en sapin, de $0^m,18$ sur $0^m,35$, en ayant soin de les faire reposer sur de légers tasseaux, de manière à laisser entre elles un peu de vide. Puis la chaudière étant fermée, on y introduisait de l'eau saturée d'arsenic, et l'on faisait ensuite bouillir pendant une heure et demie.

L'arsenic est sans aucun doute d'un prix très inférieur à celui du sublimé corrosif, mais son emploi est à peu près aussi dangereux pour les ouvriers.

M. Margary a proposé de faire baigner les bois dans une dissolution de sulfate de cuivre. L'expérience a démontré que ce procédé était jusqu'à présent le plus simple, le plus économique et le plus certain. MM. Avril, Didion et Mary, inspecteurs des Ponts-et-Chaussées, chargés par M. le Ministre des Travaux publics d'examiner les savantes expériences de M. Boucherie sur différentes préparations, terminent ainsi leur intéressant travail : Sulfate de cuivre.

« Parmi les diverses liqueurs essayées, le sulfate de » cuivre dissous dans la proportion d'au moins $1^k,50$ » par hectolitre d'eau, est la seule qui ait maintenu en » parfait état de conservation pendant un laps de temps » de sept années, les pièces de hêtre et de charme sou- » mises aux expériences, et pénétrées de ce sel de cuivre » dans la proportion de 5 à 6 kilog. par stère.

» Les bois blancs, pénétrés ainsi de sulfate de cuivre, » et placés dans le sol comme les traverses des chemins » de fer, ou exposés à l'action des agents atmosphéri- » ques, se conservent mieux que le chêne placé dans » les mêmes conditions. »

M. Margary propose de n'employer que 1 kil. de sulfate de cuivre pour 60 kilog. d'eau, et de laisser les bois dans la dissolution pendant deux jours pour chaque pouce d'épaisseur. Ainsi, pour une traverse de $0^m,25$ d'épaisseur, le bain devrait durer vingt jours. L'expérience nous a démontré que si, en été, par une température moyenne, ce laps de temps était suffisant, il n'en était pas de même en hiver ; l'absorption du sulfate de cuivre se fait alors beaucoup plus lentement.

Au chemin de fer d'Amiens à Boulogne, la quantité

de sulfate de cuivre était de 18 kilog. par mètre cube d'eau.

Au chemin de fer de Saint-Etienne, nous avons porté la dose à $\frac{1}{50}$. Nous opérons au moyen de deux cuves ou bassins contigus. Pendant que le bain a lieu dans l'un d'eux, on enlève de l'autre bassin les traverses baignées; puis on y dépose de nouvelles traverses. Un tuyau de communication et une pompe en bois servent à faire passer la dissolution d'un bassin dans l'autre. Le prix de revient est de 50 centimes par traverse, soit 6 fr. par mètre cube.

Les expériences faites sur le chemin de fer de Magdebourg et de Wittemberg, pour la préparation des traverses et des bois de construction, ont donné les résultats suivants (*) :

« Au printemps de l'année 1847, on a employé en » même temps sur ce chemin des traverses de sapin, » qui avaient été seulement peintes à trois couches » avec une solution froide de cuivre 10° Baumé, et des » traverses de la même essence qui n'avaient subi au- » cune préparation.

» Au printemps de 1851, après un espace de quatre » années, on fit découvrir ces traverses, et l'on remar- » qua que les bois non préparés étaient entièrement » pourris, tandis que ceux qui avaient reçu les trois cou- » ches de solution paraissaient, à première vue, parfai- » tement conservés. Mais en examinant plus attentive- » ment ces derniers, on s'aperçut qu'ils étaient plus ou » moins attaqués dans les endroits où, par suite d'un » coup de hache, ou de l'enfoncement d'un crampon,

(*) Extrait du *Journal des Chemins de fer*, n° 592.

» il y avait solution de continuité dans la surface peinte » au sulfate de cuivre. »

Le sulfate de cuivre peut également être employé avec succès pour la conservation des toiles et des cordes. Une commission composée de MM. Jouglas, capitaine de vaisseau, de Lisle-Ferme, sous-ingénieur de la marine, Guingan, sous-commissaire de la marine, et de Varège, sous-contrôleur de la marine, a constaté, en août 1846, à la suite de diverses expériences, qu'il *était acquis par des faits, que le sulfate de cuivre n'enlève rien à la toile de sa flexibilité ni de sa force, qu'il est un obstacle puissant à la pourriture, et qu'il résiste à des lavages fréquents dans l'eau de mer.*

Des expériences faites sur le chemin de fer de Magdebourg, il résulte que des morceaux de toile de coton écru, imbibés d'une solution de cuivre à 5° et à 3°, ont été complétement conservés, bien qu'ils fussent restés pendant huit mois dans une caisse exposée au soleil et à la pluie. Des morceaux de la même toile n'ayant subi aucune préparation, et mis dans la même caisse, étaient entièrement pourris (*).

M. Grognier, ingénieur civil à Lyon, a constaté, d'après plusieurs essais comparatifs faits avec soin, que le bois ordinaire exposé pendant près de deux années sous terre avait plus que doublé de son poids, tandis que le bois préparé au sulfate de cuivre et soumis aux mêmes conditions, n'avait augmenté que de 24 à 26 centièmes (**).

L'important pour le sulfate de cuivre, c'est de le faire pénétrer suffisamment. Ainsi, il réussit beaucoup mieux

(*) Extrait du *Journal des Chemins de fer*, n° 592.

(**) *Actes du Congrès des vignerons à Lyon*, page 626.

pour les bois tendres qui l'absorbent facilement, que pour le chêne où il pénètre avec beaucoup plus de difficulté.

Chlorure de zinc. M. Burnet fait baigner les bois dans une dissolution de chlorure de zinc marquant 24 degrés à l'aréomètre.

Cette préparation paraît avoir beaucoup d'analogie avec celle du sulfate de cuivre. Elle a été employée au chemin de fer de Tours à Nantes; elle revient à environ 5 fr. 60 c. par mètre cube.

Sulfate de fer. Le sulfate de fer a été également proposé, mais on a reconnu qu'il avait l'inconvénient de se décomposer en acide sulfurique et en oxide de fer, si l'on n'a pas le soin, aussitôt son infiltration, de faire pénétrer le bois par de l'huile, opération qui rend le prix de revient trop élevé pour permettre l'usage de ce procédé.

Carbonisation. L'emploi de la carbonisation remonte aux temps les plus reculés. Elle présente le grave inconvénient de faire fendre le bois, et de permettre à l'humidité et aux insectes d'y pénétrer. Pour rendre son emploi plus efficace, il faudrait enduire de plusieurs couches de goudron les parties mises à jour par la carbonisation, comme l'a proposé M. Hartig, maître particulier des eaux et forêts en Prusse.

Acides et alcalis. On a également essayé les acides et les alcalis, mais on y a promptement renoncé; les premiers attaquaient les fibres du bois, les autres les désagrégeaient.

Chlorure de sodium. Quant au chlorure de sodium, l'expérience a démontré qu'il ne peut être avantageusement employé que dans les ateliers où la température est constamment élevée.

Procédés pour accélérer la pénétration des bois. Divers procédés ont été proposés pour accélérer la pénétration des bois par les réactifs. En première ligne, nous citerons celui du savant docteur Boucherie. Il

consiste à employer de la manière suivante la force végétative :

Au pourtour des arbres non abattus, on fait, au moyen d'une scie, et de chaque côté de l'arbre, une entaille qui pénètre à une certaine profondeur ; puis on fixe, au-dessus et au-dessous de l'entaille, une peau en cuir ou en caoutchouc, à l'aide de cordes fortement serrées, et à cette espèce de réservoir, on fait aboutir un tuyau qui y conduit la dissolution déposée dans un tonneau. Cette dissolution aspirée par l'arbre, ne tarde pas à monter jusque dans les extrémités les plus élevées et les plus tenues. Procédé de M. Boucherie.

Aux entailles, M. Gueymard, ingénieur en chef des mines, a substitué avec succès des trous de tarrière, espacés de $0^m,10$ à $0^m,15$ de centre en centre, et faisant avec l'horizon un angle de 45 degrés. Ces trous, se réunissant au cœur de l'arbre, il suffit de verser la dissolution dans l'un d'eux ; on est ainsi dispensé d'avoir le réservoir employé par M. Boucherie.

Nous ferons toutefois observer que le procédé de M. Boucherie ne réussit pas toujours complétement, et qu'il présente bien des difficultés (*). En outre, il a l'inconvénient de faire absorber inutilement du liquide par les branches, les feuilles et l'aubier, et d'augmenter, par conséquent, le prix de revient.

Lorsqu'on opère sur de petites quantités, on peut, aussitôt le bois abattu et dégagé des parties inutiles, en plonger l'extrémité inférieure dans un tonneau contenant de la dissolution. Ce procédé nous a parfaitement réussi pour des échalas.

(*) Conclusions du mémoire de M. Gueymard, *Annales des ponts et chaussées*, août 1843, page 47.

Phyrolignite de fer.

Dans l'origine, M. Boucherie avait proposé le pyrolignite de fer pour conserver les bois. L'expérience a démontré que ce liquide pénétrait difficilement à travers les fibres du bois. Il a été entièrement abandonné, et M. Boucherie lui-même le remplace maintenant par le sulfate de cuivre, qu'il fait pénétrer dans le bois au moyen de la pression exercée par la dissolution même. Voici de quelle manière il opère :

Pénétration par la pression.

Les pièces de bois destinées à être pénétrées par la dissolution, sont rangées horizontalement les unes à côté des autres. A l'une de leurs extrémités, est fixé le bout d'un tuyau en caoutchouc, qui va aboutir à une rigole placée horizontalement à quelques mètres au-dessus des pièces de bois, et dans laquelle on fait arriver la dissolution. En peu de temps, chaque pièce se trouve complétement traversée par le liquide. Ce système a l'avantage d'être d'une exécution facile et peu dispendieuse.

Procédé de M. Bréant.

Au chemin de fer de Tours à Nantes, on a employé pour préparer les traverses, le procédé proposé en 1831 par M. Bréant, et qui consiste à placer les traverses dans une chaudière dans laquelle, après avoir fait le vide au moyen d'une pompe pneumatique, on introduit la dissolution, qui est ensuite soumise à une pression correspondant à $4^{k},35$ par centimètre carré de traverse.

La chaudière est cylindrique ; elle est en tôle de $0^{m},0125$ d'épaisseur ; sa longueur est de $13^{m},00$, et son diamètre est de $1^{m},82$. L'une de ses extrémités est terminée par une demi-sphère, et l'autre par une partie mobile munie de crochets, au moyen desquels on la fixe fortement aux parois de la chaudière. L'intérieur est

garni de petits rails destinés à recevoir les galets de quatre légers chariots, sur lesquels on place les traverses au nombre de 130 à 145.

Pour opérer la pression, on met le cylindre de la machine pneumatique en communication avec un réservoir d'eau, et le même piston, après avoir fait le vide, opère la pression dont le degré est indiqué par une soupape.

On emploie environ une heure et demie pour placer les traverses dans la chaudière, faire le vide, introduire le liquide, exercer la pression et retirer les traverses.

On a remarqué que le liquide pénètre l'aubier, mais non le cœur du bois, et que les traverses, sur environ $0^m,01$ d'épaisseur, sont marquées de points noirs, ce qui indiquerait l'action du vide et de la compression du liquide.

La Compagnie qui a pris un brevet pour l'emploi du chlorure de zinc, d'après M. Burnet, a offert au chemin de fer de Tours à Nantes, d'appliquer cette dissolution suivant le procédé de M. Bréant, moyennant 55 centimes par traverse, y compris tous les frais de déplacement de l'appareil. Ce prix aurait eté réduit à 50 centimes dans le cas où les traverses auraient été réunies dans le même endroit.

L'huile de lin lithargirée et employée avec le procédé de M. Bréant, produit d'excellents effets. Ainsi, M. Payen a constaté les faits suivants :

Des planches de sapin de $0^m,06$ d'épaisseur, les unes imprégnées d'huile de lin lithargirée, les autres à l'état ordinaire, ont été posées simultanément sur le pont Louis-Philippe, en 1834. Six années après, c'est-à-dire en décembre 1840, le platelage en bois non imprégné

d'huile était tellement détérioré par la pourriture, qu'on fut obligé de le refaire à neuf, tandis que les planches imprégnées d'huile étaient dures, sonores, exemptes d'altération, et paraissaient dans le même état qu'au moment de leur pose.

Procédé de M. Payn.

Depuis, M. Payn a constaté qu'au 1er novembre 1843, ces mêmes planches n'avaient éprouvé aucune altération.

M. Payne a proposé le procédé suivant, qui peut être considéré comme un perfectionnement du système de M. Bréant :

On place le bois dans un cylindre en tôle, on le dessèche par l'action de la vapeur, puis on y fait pénétrer la dissolution au moyen du vide et de la pression. Dans l'origine, M. Payn employait successivement deux dissolutions : la première était composée de sulfure de baryum, et la seconde de sulfate de fer, qui, réagissant sur le sulfure de baryum, donnait un sel insoluble et fixe dans l'intérieur du bois.

La première dissolution devait contenir 10 kilog. de baryum pour 100 litres d'eau, et la deuxième 8 kil. de sulfate de fer pour la même quantité. Ce procédé appliqué à des bois de hêtre, de grisard, de charme, de sapin, a en général très bien réussi ; ces bois se pénétraient complétement. Quant au chêne, la pénétration ne s'étend qu'à 2 ou 3 centimètres ; mais pour peu que le dosage ne fût pas exactement suivi, ou que l'on fît précéder la dissolution du sulfate de baryum par celle du sulfate de fer, la décomposition du bois avait lieu en peu de temps. D'un autre côté, l'expérience ayant démontré que cette double dissolution ne suffisait pas pour préserver les bois des atteintes des insectes et de la

pourriture sèche, on y a renoncé, et le procédé de M. Payn n'a été conservé que comme moyen mécanique de faire pénétrer une dissolution dans l'intérieur des bois.

En 1849, M. Bethell, de Londres, a pris un brevet pour un procédé consistant à injecter une dissolution anti-septique dans le bois, au moyen du cylindre de Payn; à dessécher ensuite le bois dans une étuve, puis à le plonger dans une chaudière contenant du goudron brut. La présence de l'anti-septique rend l'albumine imputrescible; l'absence de l'eau empêche la fermentation de se produire, et l'enveloppe imperméable formée par le goudron, ne permet ni le retour de l'eau ni l'introduction de l'air. Procédé de M. Bethell.

M. Boutigny, d'Evreux, considérant que l'humidité ne parvient dans l'intérieur du bois que par voie d'absorption et d'infiltration, a proposé de sécher « les extrémités du bois, de neutraliser ses propriétés hygrométriques par un commencement de combustion, et de les sceller hermétiquement au moyen d'un mastic qui pénètre entre les fibres, s'y incorpore, et les soustrait à l'action destructive du milieu dans lequel on les place. » Procédé de M. Boutigny.

Pour obtenir ce résultat, M. Boutigny indique le procédé suivant (*) :

« 1° Immerger les extrémités de la pièce de bois dans un carburé d'hydrogène quelconque, l'huile de schiste, par exemple, qui pénètre fort avant avec rapidité;

» 2° Y mettre le feu, et au moment où la flamme

(*) *Bulletin de la Société industrielle d'Angers*, année 1848.

» s'éteint, plonger le bois à la hauteur de quelques » centimètres dans un mélange chaud de poix noire, » de goudron et de gomme laque; ce mastic est légère» ment aspiré entre les fibres, et il forme à chaque ex» trémité du bois, une sorte de cachet hermétique qui » le rend inaltérable;

» 3° Le bois est ensuite goudronné dans toute son » étendue par les procédés ordinaires. »

Expériences faites par la société d'agriculture de Lyon.

Chargé par la Société nationale d'agriculture de Lyon, de vérifier l'efficacité des divers procédés indiqués pour préserver les bois de la décomposition, M. Jordan, professeur à la Faculté des Sciences, fit débiter 4,630 échalas dans quinze espèces de bois, savoir: le charme, le verne, le peuplier, le saule, le tremble, le frêne, le prunier, l'érable, l'orme, le chêne, le pin, le châtaignier, l'accacia, le mélèze et le mûrier. Ces échalas avaient les dimensions que l'on donne ordinairement à ceux employés pour la culture de la vigne. Ainsi, il y avait 3,000 échalas ordinaires, 650 pieux et 980 bigues.

Six procédés furent mis en expérience, savoir: la carbonisation superficielle, le sel marin, le sulfate de fer, l'acétate de plomb, la créosote et le sulfate de cuivre.

Après la préparation, on employa les échalas à la culture de la vigne; on avait eu soin de mettre à côté d'eux, pour servir de point de comparaison, des échalas à l'état naturel, c'est-à-dire n'ayant subi aucune préparation.

Après cinq années d'expérience, on a constaté les faits suivants :

1° Les échalas non préparés étaient tous en partie décomposés et fortement attaqués par une espèce d'in-

sectes, qui se trouve en assez grande quantité dans le sol où avait eu lieu l'expérience.

2° Le sulfate de cuivre employé en dissolution à la dose de $\frac{1}{20}$, a complétement préservé les échalas de la pourriture et des insectes.

3° La créosote a produit à peu près les mêmes effets que le sulfate de cuivre, mais cependant à un degré moindre.

4° Après la créosote, vient l'acétate de plomb, puis la carbonisation superficielle, le sel marin, et le sulfate de fer, qui, pour certains bois, a en quelque sorte hâté la décomposition. Cet effet a été plus sensible sur le chêne que sur les bois blancs.

Quant à la dose de $\frac{1}{20}$ pour la dissolution de sulfate de cuivre, il a été reconnu qu'elle pouvait être diminuée sans inconvénient, et portée à $\frac{1}{40}$.

Nous terminerons cet article en faisant observer que les bois, quelle que soit leur essence, lorsqu'ils sont un peu échauffés, ou légèrement atteints par la pourriture, ne se pénètrent pas; il en est de même de l'aubier du chêne; ainsi il est complétement inutile de soumettre de tels bois à des procédés de conservation.

NOTE *I*.

SUR LES CONDITIONS A IMPOSER AUX FABRICANTS DE RAILS, COUSSINETS, ETC.

Nécessité d'imposer de sévères conditions aux fabricants de rails.

On a dû voir combien M. Barlow insiste sur la nécessité d'imposer de sévères conditions pour la réception des rails et des coussinets. Nous partageons pleinement l'avis du savant et habile professeur ; aussi engagerons-nous MM. les Ingénieurs à se montrer de la plus grande sévérité lors de l'examen des livraisons de ces parties importantes d'un chemin de fer. Nous appellerons surtout leur attention sur les observations suivantes :

Longueur des rails

Dans plusieurs cahiers des charges, le fournisseur a été autorisé à livrer une certaine quantité de rails d'une longueur moindre que celle fixée pour le surplus de la fourniture. Ainsi, sur le chemin d'Orléans, on a stipulé que les $\frac{9}{10}$ des rails auraient $4^{m},50$ *sans aucune tolérance ni en plus ni en moins*, et que le dixième restant pourrait avoir $4^{m},46$. Dans le cahier des charges dressé par MM. les Ingénieurs du Gouvernement français, on a fixé la longueur normale à $4^{m},50$, et l'on a stipulé qu'une barre sur vingt serait admise avec une longueur de $3^{m},75$. En outre, on a accordé une tolérance de 1 mil-

limètre $\frac{1}{10}$ au maximum, sur chacune de ces longueurs.

Pour le chemin de fer de Rouen, la longueur normale a été fixée à $4^m,80$, et l'on a accordé à l'entrepreneur la faculté de livrer un vingtième avec une longueur de $3^m,60$; pour le surplus, on a admis une tolérance de 1 millimètre au maximum.

En Belgique, on donne $4^m,50$ à la longueur normale, et le fournisseur est autorisé à livrer des longueurs de $3^m,60$ et de $5^m,40$, mais seulement jusqu'à concurrence de 4 pour 100 du poids total de la fourniture.

En Piémont, le cahier des charges n'admet aucune tolérance.

En Allemagne, pour le chemin de fer du Mein au Neckar on a fixé la longueur normale à $5^m,00$, et autorisé la livraison d'un vingtième des rails avec une longueur de $4^m,00$.

La tolérance d'un vingtième est trop considérable.

Nous regardons la tolérance d'un vingtième comme beaucoup trop considérable, à moins cependant qu'on ait à construire un certain nombre d'embranchements ou de voies accessoires, sur lesquels on puisse employer les rails de moindre longueur. Quant aux voies principales, on doit éviter de placer de tels rails ailleurs que sur les courbes intérieures, où il est indispensable d'en poser quelques un; autrement on serait exposé à des retards qui pourraient avoir de graves conséquences, soit au moment de la pose des voies, soit pendant l'exploitation, lorsqu'on aurait à remplacer un rail hors de service; en outre, ces rails de moindre longueur étant pris, en général, parmi ceux rebutés pour défaut de soudure aux extrémités, sont loin de présenter toute la résistance voulue; aussi devrait-on se montrer beaucoup plus sévère pour la réception de ces rails que pour les autres.

Nécessité de désigner le degré de température lors de la réception.

Dans tous les cahiers des charges que nous avons consultés, on a eu soin de déterminer des longueurs pour les rails, mais on a omis de fixer le degré de température auquel aurait lieu la réception. Ainsi, nous connaissons une usine où l'on a profité de cette omission pour faire recevoir en été des rails dont la longueur laissait à désirer. Pour remédier à cette omission, il nous a semblé que le mieux était de stipuler dans le cahier des charges, que l'un des premiers rails fabriqués, après avoir été mis à la longueur voulue, serait poinçonné à chacune de ses extrémités, et servirait d'étalon pour toute la fourniture. Au moyen de ce procédé, on éviterait toute erreur provenant, soit des effets de la température, soit des instruments employés au mesurage, et qu'il est souvent difficile de se procurer exacts.

Etalon pour fixer la longueur des rails.

Moyens employés pour affranchir les extrémités des rails.

Dans quelques usines de Belgique, on donne à tous les rails la même longueur, en employant une machine à raboter. C'est un moyen certain d'obtenir des extrémités coupées avec netteté, et surtout bien perpendiculairement à l'axe du rail, condition extrêmement importante, et sur laquelle on ne devrait accorder aucune tolérance.

Quant à la scie circulaire, dont on fait usage dans beaucoup d'usines pour affranchir les rails, elle nous paraît présenter le grave inconvénient de déchirer en quelque sorte le fer, et par conséquent, d'en désunir les fibres, précisément dans la partie du rail où il est le plus important qu'elles soient le mieux soudées. Telle est la raison qui a fait abandonner cet instrument à Fourchambaut pour lui substituer le procédé suivant :

Affranchissement des rails.

On affranchit d'abord les rails au moyen de la tranche et de l'apparcil en fonte, représentés en élévation par la

fig. VIII, pl. 15, et en plan par la fig. IX, et qui se compose des pièces suivantes :

A, A, montants verticaux, réunis au milieu de leur longueur par une traverse B, et à leurs extrémités inférieures par un patin qui repose sur une couche de béton.

B, traverse en fonte formant plate-forme.

C, C, pièces de fonte servant de matrices. Elles sont placées entre les montants A, A, et y sont maintenues par deux rainures.

La matrice supérieure est armée de deux anses, au moyen desquelles on la soulève lorsqu'on change de rail. Dans la partie qui avoisine l'emplacement du rail, les matrices présentent un renflement, ou saillie de $0^m,03$, qui facilite le mouvement de la tranche, et permet de la maintenir verticale.

D, clavette en fer qui traverse les deux montants A, A, et au moyen de laquelle on presse la matrice supérieure sur la matrice inférieure. Le rail se trouve ainsi parfaitement maintenu lorsqu'on le coupe, et on peut être certain d'avoir une section bien perpendiculaire à la longueur des rails.

Avant d'affranchir les rails, on fait chauffer leurs extrémités dans des fours placés près de la machine dont nous venons de parler.

Lorsque les rails sont affranchis, on pare leurs extrémités au moyen de la machine représentée par la fig. VII, pl. 15, et qui consiste en un banc en fonte solidement établi et sur lequel sont fixés : 1° des supports E, E, qui maintiennent le rail D parfaitement horizontal; 2° une roue verticale A, qui se trouve, par conséquent, perpendiculaire au rail; cette roue est armée de saillies en

acier formant des espèces de lames; 3° une poulie motrice B, qui met en mouvement la roue à lames A, et 4° une poulie folle C, au moyen de laquelle on fait cesser le mouvement de la roue A.

Comme le représente la fig. VII, pl. 15, cet appareil est double, c'est-à-dire qu'il a deux roues à lames, de manière à pouvoir parer deux rails à la fois.

La vitesse imprimée à la roue A est très grande; une minute suffit pour parer parfaitement une extrémité de rail. On a soin, pour faciliter le travail, et pour prévenir l'échauffement des lames, de faire tomber constamment de l'eau sur la roue. Il reste quelquefois de légères bavures au pourtour de l'extrémité des rails, on les enlève alors avec la lime ordinaire.

Nous avons examiné avec soin une très grande quantite de rails parés avec cette machine, et nous avons reconnu que les extrémités de ces rails ne laissaient rien à désirer; sous tous les rapports, elles étaient préférables à celles que l'on obtient par la scie circulaire.

Dans d'autres usines, la scie circulaire a été remplacée par un tour dont l'arbre est entouré de rails à affranchir; leurs extrémités sont coupées par deux ciseaux, laissant entre eux une distance égale à la longueur fixée pour les rails. Ce sytème nous parait devoir donner d'excellents résultats.

Dressage des rails. Le dressage des rails se fait à Fourchambaut au moyen de la machine représentée en plan par la fig. XI, pl. 15, et en coupe par la fig. X. Cette machine se compose des pièces suivantes :

C, plaque en fonte sur laquelle repose l'ensemble du mécanisme.

D, D, tasseaux en fonte. Ils sont mobiles; on fait varier leur écartement selon l'étendue de la courbure à faire disparaître.

E, rebord de la plaque en fonte C. Ce rebord sert de point d'appui aux tasseaux D, D.

F, vis de pression mise en mouvement par une roue dentée et un pignon G.

G, pignon à l'arbre duquel est fixée une manivelle I, et une grande roue H armée de petits bras K.

L, pièce en fer que l'on place entre le rail et la vis de pression.

MM, galets qui servent à faire mouvoir le rail.

Pour faire fonctionner cet appareil, on emploie deux hommes, l'un à la manivelle, et l'autre à la grande roue, qui est mise en mouvement au moyen des petits bras K.

Cette machine a été adoptée au Creusot et en Angleterre. On la préfère à la vis verticale mue par un balancier horizontal, parce que la pression est plus régulière, et surtout parce qu'il est beaucoup plus facile d'en régler la force.

Pour reconnaître la nature des rails, on a, en général, adopté l'épreuve stipulée au cahier des charges du Gouvernement français, et qui consiste à soumettre le rail à une certaine pression, dont le poids, ainsi que les distances des points d'appui, dépendent des dimensions des rails. Quant à la durée de cette pression, le cahier des charges du Piémont est le seul qui l'ait prévue. Il l'a fixée seulement à une minute, quantité évidemment trop faible, et qui, selon nous, devrait être portée à une heure; on donnerait ainsi à la pression le temps d'agir suffisamment pour mettre à même d'étudier ses effets. Il nous paraîtrait également convenable d'indi- Essai des rails.

quer une longueur de portée beaucoup plus considérable que celle de $1^m,12$, dont le peu d'étendue ne permet pas d'observer convenablement les flèches. En outre, on doit remarquer que ces expériences de pression ne peuvent servir qu'à indiquer le plus ou le moins d'élasticité du fer, et nullement à reconnaître si dans tous *tous les rails, le fer est convenablement soudé* sur toute la longueur de chaque rail. Aussi regardons-nous ces expériences comme tout-à-fait insuffisantes, à moins qu'elles ne soient suivies de la condition par laquelle on rend le fournisseur responsable des rails qui seraient trouvés détériorés après un certain temps de service.

Dans le cahier des charges du Gouvernement français, cette condition est ainsi énoncée :

Garantie. « Le fabricant garantira les rails pendant un an de » de service sur les voies provisoires.

» Il est entendu que cette garantie s'appliquera à » toute imperfection dans la fabrication, dont on ne » s'apercevrait pas quand les rails seront livrés par le » fabricant.

» Tout rail qui, pendant le délai ci-dessus stipulé, » s'altérerait par quelque cause que ce fût, hors le cas » de choc violent constaté, sera remplacé aux frais du » fabricant. »

Cette disposition a été insérée dans le cahier des charges de Rouen.

Pour le chemin de fer d'Orléans et celui d'Avignon à Marseille, on a stipulé également une année de garantie, mais *à partir de l'ouverture du chemin.*

La garantie exigée par l'Etat est pour ainsi dire illusoire; il n'en est pas de même de celle insérée dans le

cahier des charges des chemins d'Orléans et d'Avignon. Toutefois, nous ferons observer que l'expérience nous a démontré que le trafic d'un chemin de fer étant en général peu considérable dans l'origine, une année d'essai ne devait pas suffire; aussi pensons-nous que pour les chemins neufs, on devrait porter la durée de la garantie au double, c'est-à-dire à deux années, à partir du jour de la mise en activité du chemin.

A l'appui de notre opinion, nous citerons le passage suivant de M. Lechatellier (*) :

« La commission chargée en 1849, par la Compagnie » du *London and North Western*, d'étudier les questions » relatives à l'entretien et au renouvellement de la voie, » n'avait pas trouvé d'autre remède au mal que d'exiger » des fournisseurs des rails une garantie de deux an- » nées. »

L'art. 16 du cahier des charges piémontais paraîtrait donner à la garantie une durée encore plus considérable, puisqu'il ne la fait commencer qu'à dater du jour du paiement du dernier dixième, paiement qui doit seulement avoir lieu quand on aura livré la totalité des rails adjugés.

A l'appui de notre observation sur l'importance de la garantie, nous citerons le fait suivant :

Après une année d'exploitation, pendant laquelle on a fait circuler vingt-deux trains par jour, on a trouvé entre Paris et Tonnerre, sur 950,000 mètres courants de rails, la quantité de 14,500 mètres de rails détériorés et qui ont été rendus au fournisseur.

Nécessité de soumettre les rails à des expériences de chocs et de pression.

Pour qu'un rail soit dans de bonnes conditions de

(*) *Chemins de fer d'Angleterre*, page 74.

durée, il doit présenter une certaine résistance à la pression et aux chocs. Pour atteindre ce double but, il faut qu'il soit formé de fer à la fois dur et non cassant. Dans de telles conditions, il résistera à la déformation qui se manifeste si rapidement sur le fer mou, et aux chocs, qui, produits par les défauts de bandage des roues, déterminent souvent la rupture des rails en fer dépourvu d'élasticité. Il est donc indispensable de soumettre les rails à la double épreuve de la pression et des chocs, comme le stipulent les cahiers des charges de Belgique, du Piémont, et du chemin de fer du Mein au Neckar.

Dans le cahier des charges adopté par l'administration du chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, ces épreuves sont indiquées ainsi qu'il suit :

1° *Résistance à la pression.*

Epreuves par la pression.

Maintenu à chacune de ses extrémités par un chair ou coussinet ordinaire, le rail devra supporter pendant une heure une pression de 2,400 kilog. exercée au milieu de sa longueur. Sous cette pression, la flèche de courbure ne devra pas dépasser $0^{m},04$, et lorsque la charge sera enlevée, le rail ne devra pas conserver plus de $0^{m},002$ de flèche.

2° *Résistance aux chocs.*

Epreuves par le choc.

Maintenu dans des chairs ou coussinets écartés de $3^{m},00$, le rail devra supporter au milieu de sa portée un choc produit par un mouton de 300 kil. tombant d'une hauteur de $1^{m},70$. Le rail ne devra éprouver ni déchirures ni fentes. Ces expériences seront faites sur 2 pour 100 de chaque livraison. Les agrès et les engins, ainsi que la main d'œuvre nécessaires à ces expériences, seront à la charge du fournisseur.

On remarquera, sans doute, qu'il n'est nullement nécessaire de soumettre tous les rails aux épreuves de chocs et de pressions, comme l'exige le cahier des charges piémontais. Il suffit bien évidemment d'en essayer quelques uns pris au hasard sur chaque fabrication. Quant aux autres rails, pour reconnaître s'ils ne renferment pas de défauts intérieurs, on pourrait se borner à faire tomber chacun d'eux, d'une certaine hauteur, sur un corps dur; les vibrations produites par ce choc suffiraient très probablement pour faire ressortir ces défauts, et comme cette opération peut être faite avant le dressage, elle ne serait aucunement nuisible aux rails. On éviterait ainsi les chances de rupture sous le passage des premiers convois. Ce procédé est, du reste, celui employé pour la réception des essieux d'artillerie.

Epreuves proposées par M. Barlow.

Quant au moyen proposé par M. Barlow *(page* 68) pour éprouver les rails, il nous paraît présenter les inconvénients suivants :

1° Ces expériences ne feraient connaître que la résistance à la pression.

2° L'opération serait longue, et ne pourrait guère avoir lieu que sur un chemin non encore livré à la circulation.

3° On serait exposé à faire inutilement les frais de transport nécessités par les rails qui, rejetés, devraient être renvoyés à l'usine.

Réception des coussinets.

La réception des coussinets exige la plus grande attention; la moindre défectuosité peut avoir de graves conséquences. Le défaut le plus difficile à constater, ce sont les soufflures intérieures, qui, en général, ont lieu principalement dans le plafond; pour les reconnaître, on a proposé le procédé suivant. Assurez-vous, au

moyen de plusieurs ruptures, que trois ou quatre chairs ne contiennent aucune soufflure; pesez ces chairs avec soin, et prenez leur poids moyen comme terme de comparaison avec les autres chairs; évidemment tout chair d'un poids inférieur contiendra une soufflure. Nous ferons cependant observer que les soufflures ne sont pas toujours une cause de diminution de résistance. Ainsi, nous avons vu un fondeur provoquer la formation de soufflures au moyen d'un petit morceau de fer qu'il introduisait aussi froid que possible dans la partie destinée à recevoir la fonte du plafond. Il déterminait alors une cavité dont les parois, en quelque sorte trempées par suite d'un refroidissement subit, augmentaient d'une manière notable la resistance du plafond. L'effet contraire avait lieu pour des soufflures moins considérables, mais dues à la présence d'un corps étranger, ayant une température à peu près égale à celle de la fonte.

Nous terminerons ces observations en engageant nos lecteurs à consulter les cahiers des charges suivants; ils pourront y puiser d'excellents documents.

EXTRAITS

DE

DIVERS CAHIERS DES CHARGES.

CAHIER DES CHARGES DU GOUVERNEMENT FRANÇAIS, *pour la fourniture des rails.*

Forme des rails.

ARTICLE 1er. — Les rails présenteront la forme exacte du gabari poinçonné, qui sera remis au fabricant. Le profil en sera rigoureusement conservé sur toute la longueur des barres, et particulièrement aux extrémités, qu'on évitera avec soin de comprimer ou d'altérer, lors du sciage.

Longueur des rails.

ART. 2. — La longueur normale des barres sera de 4m,50 ; pour faciliter la fabrication, une barre sur vingt sera admise avec une longueur de 3m,75 ; mais il est entendu que ces barres, plus courtes, devront provenir uniquement des barres fabriquées pour la longueur normale de 4m,50, et qui auront dû être rognées, par suite de défauts à leurs extrémités.

Le poids du rail résultera du modèle donné au fabricant, et sera constaté par la première livraison. Il sera accordé sur ce poids une tolérance de 2 pour 100, en plus ou en moins, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids normal de plus de 1 pour 100.

Dans cette limite de tolérance, les rails seront payés d'après leur poids réel ; au-dessous de cette tolérance, ils seront rejetés ; au-dessus, ils seront acceptés, mais l'excédant du poids ne sera pas payé au fournisseur.

Nature du fer.

ART. 3. — Le fer employé dans la fabrication des rails sera de deux qualités ; le corps du rail pourra être en fer puddlé brut, et les faces supérieures et inférieures, chacune d'une seule pièce, en fer déjà corroyé. A cet effet, les paquets à l'étirage des rails, seront formés de deux tiers au plus de fer puddlé brut, et d'un tiers au moins de fer déjà corroyé.

Fabrication. ART. 4. — La fabrication des rails sera parfaite ; tous ceux qui seraient mal soudés, ou pailleux, ou criqués sur l'une ou l'autre face, seront rebutés.

Tolérance sur la longueur. ART. 5. — Tous les rails seront coupés aux deux bouts, à la scie, ou par tout autre moyen mécanique qui serait agréé par l'administration ; les bavures seront enlevées avec soin ; les plans des sections seront parfaitement d'équerre sur l'axe du rail ; la tolérance sur les longueurs fixées n'excédera jamais un millimètre et demi ; tout rail coupé sur commande, à une longueur différente des longueurs normales de la pose, sera payé cinq pour cent en sus du prix ordinaire.

Epreuves. ART. 6. — Les rails seront dressés sur les deux sens avec le plus grand soin. Leur surface devra être nette et unie.

Ils devront s'ajuster parfaitement aux coussinets ; il sera, en conséquence, remis au fabricant, pour le guider dans sa fabrication, les coussinets nécessaires pour supporter un rail.

Les rails pourront être soumis, et devront résister à l'épreuve suivante, qui sera faite contradictoirement sur une portion de la fourniture déterminée par l'ingénieur.

Placé librement sur deux appuis de $0^m,08$ de largeur chacun, et espacés entre eux de $1^m,12$ de milieu en milieu, le rail devra pouvoir supporter, dans le milieu de l'intervalle, une charge de 8,000 kilogr., sans éprouver de flexion apparente.

Réception provisoire. ART. 7. — La réception provisoire des rails se fera, chaque semaine au moins, à l'usine. L'ingénieur chargé de la réception, aura le droit d'exercer et de déléguer la surveillance, et de faire les vérifications nécessaires pour reconnaître si toutes les conditions du présent marché seront exactement observées, et notamment en ce qui concerne le mode de fabrication indiqué à l'article 3.

Les mains-d'œuvre relatives à la fabrication, et aux épreuves auxquelles pourront se livrer l'ingénieur ou l'agent délégué par lui, seront à la charge du fournisseur.

Les rails reçus seront poinçonnés.

Réception définitive. ART. 8. — Nonobstant la réception à l'usine, les rails portés sur les chantiers, auxquels un nouvel examen ferait reconnaître des défauts, seront mis de côté et soumis à la vérification de l'ingénieur en chef, qui aura le droit de les rebuter, et d'en déduire le prix du compte de l'entrepreneur, après qu'ils auront été pesés et remis à sa disposition sur l'un des lieux de livraison.

Les frais de cette nouvelle vérification contradictoire, resteront également à la charge du fournisseur.

Art. 9. — La livraison aura lieu sur les points qui seront désignés par les ingénieurs, à portée des ateliers de pose, le long du chemin de fer, pourvu que ces points puissent être abordés par un chemin praticable aux voitures chargées. Lieux de livraison.

Art. 10. — La fourniture sera de ...... rails. Epoques des livraisons.

Le fournisseur s'engage à livrer et à transporter à ses frais, risques et périls, sur les points qui seront désignés pour les livraisons, les rails compris à son marché, dans le délai de .....

Néanmoins, l'administration sera libre, si bon lui semble, d'ajourner le transport des rails, et, en ce cas, le fabricant devra les entasser avec ordre, en prismes réguliers, de manière qu'on puisse facilement les compter, dans un magasin loué par l'administration dans l'usine même.

Art. 11. — Sur le vu du procès-verbal de réception provisoire dans l'usine, le montant de la fabrication sera délivré au fournisseur, sauf retenue d'un quart, pour représenter les frais de transport, les rebuts de la pose, et la garantie du fournisseur. La retenue sera réduite à un dixième, un mois après la livraison. Paiements.

Les rails ainsi reçus à l'usine, et empilés dans le magasin de l'administration, appartiendront à l'Etat. Il est, d'ailleurs, entendu que le fournisseur devra, conformément aux articles 8 et 9, transporter ces rails aux lieux fixés pour la livraison, et où ils seront soumis à une nouvelle vérification.

Art. 12. — Le fabricant garantira les rails pendant un an de service sur les voies provisoires. Garantie.

Il est entendu que cette garantie s'appliquera à toute imperfection dans la fabrication, dont on ne s'apercevrait pas quand les rails seront livrés par le fabricant.

Tout rail qui, pendant le délai ci-dessus stipulé, s'altérerait par quelque cause que ce fût, hors le cas de choc violent constaté, sera remplacé aux frais du fabricant.

Le dernier dixième dû au fournisseur, ne lui sera payé qu'après l'expiration du délai de garantie.

Art. 13. — Dans le cas où le fournisseur n'aurait pas rempli ses obligations aux époques fixées par le présent cahier des charges, il lui serait imposé, à titre d'indemnité, une retenue du dixième du montant des fournitures non livrées aux époques ci-dessus désignées. Retenue pour non-exécution.

Art. 14. — Le fournisseur sera soumis, en outre, aux clauses et conditions générales, arrêtées le 25 août 1833, par M. le directeur général des ponts et chaussées et des mines, pour les entreprises de travaux des ponts et chaussées. Conditions générales.

CAHIER DES CHARGES DU CHEMIN DE FER DE PARIS A ROUEN,

pour la fourniture des rails.

Forme du rail. **Art. 1er.** — *(Comme au cahier des charges de l'État.)*

Longueur du rail. **Art. 2.** — La longueur normale des barres sera de 4m,80.

Une barre sur vingt sera admise avec une longueur de 3m,60. On admettra par tolérance un rail sur vingt, qui sera plus long ou plus court que 4m,80. Tous les autres rails seront de 4m,80 exactement, et ne devront, dans aucun cas, varier de cette longueur de plus d'un millimètre et demi.

La compagnie sera informée de la longueur exacte des rails, à mesure qu'ils lui seront expédiés, afin qu'elle puisse les classer séparément.

Poids du rail, 35 kilogr.; tolérance *comme au cahier des charges de l'État.*

Nature du fer. **Art. 3.** — *Comme au cahier des charges de l'État*, avec cette seule différence que les paquets à l'étirage doivent être formés de $^{2}/_{3}$ de fer corroyé, au lieu de $^{1}/_{3}$.

Fabrication et épreuves. **Art. 4 et 5.** — Stipulations semblables à celles des articles 4, 5 et 6 du cahier des charges de l'État. L'emploi de la vis de pression, au lieu du marteau pour le dressage à froid, est exigé du fabricant. Les rails devront résister à l'épreuve suivante : placé librement sur deux appuis de 0m,05 de largeur, chacun espacé entre eux de 1m,20 de milieu en milieu, le rail devra pouvoir supporter, dans le milieu de l'intervalle, une charge de 8,000 kilogr., sans éprouver de flexion permanente.

Réception provisre **Art. 6.** — *Semblable à l'article 7 du cahier des charges de l'État.*

Récept. définitive, paiements, etc. **Art. 8, 9, 10, 11 et 12.** — *Semblables aux articles* 8, 9, 10, 11, 12 *et* 13 *du cahier des charges de l'État.*

CAHIER DES CHARGES DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS,

pour la fourniture des rails.

Forme du rail. **Art. 1er.** — La section transversale du rail devra être exactement conforme au gabari ou au modèle qui sera remis au fournisseur.

La longueur des rails sera, pour les neuf dixièmes de la fourniture au moins, de 4m,50, sans tolérance ni en plus ni en moins ; pour le dernier dixième au plus, le rail devra avoir une longueur exacte de 4m,46.

Le poids du rail résultera du modèle donné au fournisseur, et sera constaté par la première livraison; une tolérance de trois kilogrammes en plus ou en moins, est stipulée dès à présent sur le poids qui sera fixé ultérieurement : au-dessous de cette tolérance, les rails seront rejetés; au-dessus, ils pourront être également refusés, ou, s'ils sont acceptés, l'excédant de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Art. 2. — Le rail devra être coupé à ses deux extrémités exactement d'équerre à la direction de son axe; il sera affranchi des deux bouts à la scie (*condition de rigueur*), et à une distance suffisante des bouts écrus, pour que ses deux extrémités soient parfaitement saines. Fabrication.

Les bouts sciés devront être nettoyés de toute bavure avec le burin et la lime; mais ils ne pourront jamais être parés au marteau, pour ne pas altérer la forme de la section transversale; les barres devront être dressées et dégauchies avec le plus grand soin (notamment aux deux extrémités où le rail se trouve quelquefois légèrement recourbé, par suite d'une fabrication imparfaite), et les surfaces de roulage, ainsi que les sections transversales des deux extrémités, devront être parfaitement lisses et unies.

Les barres devront être parfaitement droites dans toute leur longueur, sans aucune tolérance; le dressage en sera fait à froid, et au moyen d'une vis à pression, et non au marteau.

Le rail devra être fabriqué de telle sorte, que son contact avec la joue ou paroi intérieure du coussinet en fonte, ait lieu sur toute l'étendue de la surface contre laquelle il doit porter. Le dessin coté du rail adopté, et un gabari en cuivre, seront, dans la huitaine, remis au fournisseur; il lui sera également remis avant le ..... trois chairs ou coussinets en fonte, conformes à ceux destinés à recevoir les rails; cette remise aura lieu pour guider le fabricant dans sa fabrication.

Art. 3. — Le fer devra être dur ou compact, non cassant à froid, parfaitement soudé, sans stries ni gerçures, sans défauts, aussi bien à ses extrémités que dans le reste de sa longueur. La fonte au coke, employée dans la fabrication des rails, sera de même qualité que celle qui, dans l'usine du fournisseur, est destinée à la production du meilleur fer marchand. Nature du fer.

La trousse employée à la fabrication des rails, contiendra au moins un tiers de fer corroyé, et au plus deux tiers de fer puddlé.

La plaque inférieure et la plaque supérieure, qui doivent former le dessus des deux champignons, seront chacune d'une seule pièce, et en fer corroyé, de 1 pouce d'épaisseur sur 6 pouces de largeur, ou d'une épaisseur proportionnellement plus forte, si la longueur est moindre.

Il est d'ailleurs bien entendu que les fers employés pour les plaques inférieures et supérieures, proviendront de fin métal, c'est-à-dire de fonte ayant subi l'opération de l'affinage.

Epreuves. **Art. 4.** — Chaque rail devra être soumis, et devra résister à l'épreuve suivante : Placé librement sur deux points d'appui de $0^m,08$ de largeur chacun, et espacés entre eux de $1^m,50$ de milieu en milieu, le rail devra pouvoir supporter, dans le milieu de l'intervalle, une charge de 8,000 kilogrammes, sans éprouver de flexion permanente.

Réception. **Art. 5.** — La réception sera faite à l'usine par un ou plusieurs agents de la compagnie, qui pourront y rester tout le temps de la fabrication, et auxquels il sera permis d'exercer de jour et de nuit la surveillance, et de faire toutes les vérifications nécessaires pour constater que le mode de fabrication ci-dessus indiqué est exactement suivi, et pour reconnaître si les rails satisfont à toutes les conditions voulues par le présent cahier des charges.

La main-d'œuvre relative à la réception et aux épreuves auxquelles pourront se livrer les agents de la compagnie, sera à la charge du fournisseur.

Les procès-verbaux de réception seront régularisés à la fin de chaque semaine.

Les rails reçus seront poinçonnés.

Les rails, quoique reçus dans l'usine, seront soumis au lieu de l'emploi à un nouvel examen de la part des ingénieurs de la compagnie, et si ces ingénieurs jugent nécessaire de leur faire subir quelque opération nouvelle, comme redressage, burinage ou limage des deux extrémités, ces opérations seront exécutés par les soins et sous la direction desdits ingénieurs de la compagnie; mais la dépense restera à la charge du fournisseur.

Les ingénieurs de la compagnie seront seuls juges de la question de savoir s'il y a ou non, nécessité au redressage et au burinage des rails.

Garantie. **Art. 6.** — La livraison totale sera de.....

Nonobstant la réception faite à l'usine, les rails qui, dans le transport, avant ou pendant la pose, viendront à casser, seront rebutés.

Il en sera de même des rails qui, pendant la première année de service, à partir de l'ouverture du chemin, viendront, à raison de vices dans la fabrication ou la matière, à casser, fléchir ou s'exfolier, par le seul fait de l'usage auquel ils seront soumis sur le chemin de fer.

Il est d'ailleurs entendu que, pendant l'année de garantie dont il vient d'être question, les rails ne pourront être employés que sur le chemin

proprement dit, et non sur des chemins provisoires pour le transport des terrassements.

Les rails hors de service seront reconnus contradictoirement, et rendus sur l'un des points de livraison au fabricant, lequel en devra tenir compte à la compagnie au prix de la fourniture, ou le remplacer si la compagnie l'exige.

ART. 7. — Le fournisseur s'engage, aussitôt après la remise du dessin coté et du garabi, à exécuter les laminoirs nécessaires pour la fabrication des rails, et à continuer la fabrication sans interruption. Fabrication

ART. 8. — Le fournisseur s'engage à faire effectuer le transport et la livraison des rails à ses frais, risques et périls. Frais de transport.

Les livraisons sur les ports de la Seine et de la Loire, devront avoir lieu aux époques suivantes ..... .

Si les livraisons de rails n'étaient pas effectuées sur les ports désignés par la compagnie, aux époques fixées par le présent cahier des charges, il serait retenu au fabricant, à titre d'indemnité et sans préjudice de tous autres dommages intérêts, cinq pour cent du prix des fournitures qui auraient été retardées.

ART. 9. — Les paiements s'effectueront comme il suit : ..... Paiement.

Il est et il demeure cependant bien entendu que, dans tous les cas, la retenue de garantie de cinq pour cent exercée sur le montant de la fourniture, devra cesser au .....

ART. 10. — Dans aucun cas, la réception à l'usine ne devra dépasser 800 tonnes par mois. Réserves sur les frais de transport.

Dans le cas où le fournisseur ferait usage des canaux pour le transports de ses rails, il est et il demeure aujourd'hui bien entendu que la compagnie profitera des adoucissements que les droits de navigation sur ces canaux pourront subir pendant le cours de la livraison.

ART. 11. — Les contestations qui pourront survenir entre la compagnie et le fournisseur, sur l'exécution du présent cahier des charges, seront jugées à Paris par trois arbitres, sur le choix desquels les parties seront tenues de s'entendre dans un délai de huitaine, passé lequel les trois arbitres seront nommés par le tribunal de commerce du département de la Seine, à la requête de la partie la plus diligente. Contestations.

Les arbitres décideront comme amiables compositeurs et en dernier ressort, sans être tenus de s'astreindre aux formes et délais de la procédure. Leur décision ne pourra être attaquée par voie d'appel, requête civile ni recours en cassation.

L'enregistrement des présentes sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

DERNIER CAHIER DES CHARGES DU CHEMIN DE FER D'ORLÉANS, *pour la fourniture des rails.*

Quantités à fournir.

Art. 1er. — Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture de rails à la compagnie d'Orléans, pendant cinq ans, qui commenceront le 1er septembre 1849 et finiront le 31 août 1854.

Le poids des rails à fournir, par an, sera de 150 tonnes au moins et de 400 tonnes au plus. Il variera entre ces quantités suivant la volonté de la compagnie.

Le fournisseur recevra tous les ans, au 1er septembre, un état indicatif des quantités à fournir dans l'année qui commence.

Si la compagnie le réclame, l'entrepreneur sera tenu d'accepter, jusqu'à concurrence de 50 pour 100 en poids des commandes annuelles, les rails usés qui seront retirés du chemin de fer d'Orléans, comme aussi, si l'entrepreneur le réclame, la compagnie sera tenue de lui céder, aux conditions indiquées ci-après, jusqu'à concurrence de 50 pour 100, toujours en poids, les vieux rails dont elle n'aurait pas l'emploi, et dont elle voudrait se défaire.

Le prix de ces rails rendus par la compagnie à la gare d'Orléans, ou à celle d'Ivry, près Paris, au choix de l'entrepreneur, sera des deux cinquièmes du prix qui sera fixé par la soumission pour les rails neufs, rendus également à l'une ou à l'autre de ces gares.

Section du rail.

Art. 2. — La section transversale du rail sera exactement conforme au dessin et au gabari poinçonné qui seront remis au fournisseur. Ce profil sera rigoureusement observé sur toute la longueur des barres, et particulièrement aux extrémités, qu'on évitera avec soin de comprimer ou d'altérer.

La compagnie conservera la faculté de modifier ce profil tous les ans. Lorsqu'elle voudra en user, il lui suffira de faire connaître son intention au fournisseur, en lui remettant l'état indicatif dont il est parlé à l'art. 1er. Elle ne devra, à cet effet, aucune indemnité au fabricant, si ce n'est de lui payer les modifications à faire aux cannelures des cylindres.

Longr des rails.

Art. 3. — La longueur normale des rails est fixée à 5m,50. Le fournisseur pourra toutefois exiger que, sur 40 barres, on en reçoive une de 4m,50 de longueur.

La compagnie se réserve, d'ailleurs, le droit de modifier, à toute

époque, cette longueur et de la faire varier à son gré entre $4^m,50$ et $5^m,50$.

Si la compagnie l'exige, le fabricant sera tenu de fournir un vingt-cinquième des barres avec des longueurs de $0^m,04$ plus faibles que la longueur normale.

La tolérance sur les longueurs fixées n'excédera pas $0^m,0015$.

Art. 4. — Le poids du mètre courant de rails résultera du modèle donné au fournisseur, et sera constaté par la première livraison. Poids des rails.

Il sera accordé, sur ce poids, une tolérance de 2 pour 100 en plus ou en moins, pourvu que la totalité de la fourniture ne s'écarte pas du poids normal de plus de 1 pour 100.

Dans cette limite de tolérance, ils seront payés d'après leur poids réel; au-dessous de cette tolérance, ils seront rejetés; au-dessus, ils pourront être également refusés, ou s'ils sont acceptés, l'excédant du poids ne sera pas payé au fournisseur.

Art. 5. — Les paquets destinés à produire les rails, contiendront au moins 40 pour 100 de fer corroyé, et 60 pour 100 au plus de fer brut. Le corps du rail pourra être en fer puddlé brut, mais la plaque inférieure et la plaque supérieure, qui doivent former le dessus des deux champignons, seront chacune d'une seule pièce en fer corroyé. Fabrication des rails.

Toutes les parties devront, après la fabrication, être parfaitement soudées, de telle sorte qu'il n'y ait aucune trace indiquant la séparation des mises composant les paquets.

Art. 6. — Le rail devra être coupé des deux côtés, à une distance suffisante des bouts écrus, pour que les deux extrémités soient parfaitement saines. Les plans des sections seront parfaitement d'équerre sur l'axe du rail. Conditions extérieures des rails.

Les bouts devront être nettoyés de toute bavure avec le burin et la lime; mais ils ne pourront jamais être parés au marteau, afin de ne pas altérer la forme de la section transversale.

Les barres devront être parfaitement droites dans tous les sens et dans toute la longueur, et non tordues, sans aucune tolérance. Le redressage sera fait à froid, au moyen d'une vis de pression et non au marteau.

Les surfaces des roulements, ainsi que les sections transversales des deux extrémités, devront être parfaitement lisses et unies. Les rails mal soudés, ou pailleux, ou criqués, seront rebutés.

Les rails devront s'ajuster parfaitement aux coussinets. Il sera, en conséquence, remis au fournisseur, pour le guider dans sa fabrication, les coussinets nécessaires pour supporter un rail.

Art. 7. — Les rails pourront être soumis, et devront résister à Epreuves.

l'épreuve suivante, qui sera faite, contradictoirement, sur une portion de la fourniture déterminée par l'ingénieur de la compagnie.

Placé librement sur deux appuis, de $0^m,08$ de largeur chacun et espacés entre eux de $1^m,30$, le rail devra pouvoir supporter, dans le milieu, une charge de 15,000 kilog. sans éprouver de flexion permanente.

Surveillance de la fabrication.

Art. 8. — La fabrication des rails sera surveillée à l'usine par un ou plusieurs agents de la compagnie. Ces agents pourront exercer nuit et jour la surveillance, et faire toutes les vérifications nécessaires pour reconnaître si toutes les conditions du présent marché sont rigoureusement observées, notamment en ce qui concerne le mode de fabrication indiqué à l'art. 5.

Réception.

La réception des rails se fera à l'usine, par les agents de la compagnie, au fur et à mesure de la fabrication.

Poinçonnage.

Les rails seront poinçonnés, aux frais du fournisseur, sur les deux faces latérales, à $0^m,50$ de leurs extrémités, avec trois poinçons indiquant : l'un la marque de l'usine, le deuxième la marque de la compagnie, et le troisième la longueur exacte du rail.

Les rails poinçonnés appartiendront à la compagnie.

Chargement, déchargement, livraison, etc.

Art. 9. — Les rails seront portés, chargés, déchargés, livrés, rangés aux frais, risques et périls du fournisseur, à l'endroit qui lui sera désigné, dans les gares de Paris ou d'Orléans. La compagnie donne au fournisseur la faculté de livrer les rails à celle des deux gares qui lui conviendra le mieux.

Examen des rails livrés sur les chantiers.

Art. 10. — Nonobstant la réception à l'usine, les rails livrés sur les chantiers dont il est question à l'article précédent, seront examinés de nouveau par les employés de la compagnie, qui auront le droit de refuser ceux trouvés défectueux, et d'en déduire le prix du compte de l'entrepreneur. La compagnie pourra cependant exiger que les rails rebutés soient remplacés par le fournisseur dans le délai d'un mois.

Charges du fournisseur.

Art. 11. — Toutes les mains-d'œuvre relatives aux épreuves, aux vérifications et aux réceptions auxquelles pourront se livrer l'ingénieur de la compagnie et ses agents, et dont il est parlé dans les articles précédents, seront à la charge du fournisseur.

Livraison des commandes.

Art. 12. — La totalité de la fourniture demandée pour chaque année devra être exécutée dans le courant même de l'année.

Retenue du dixième.

Art. 13. — Dans le cas où le fournisseur n'effectuerait pas la livraison à l'époque fixée ci-dessus, il lui serait imposé, à titre d'indemnité, une retenue du dixième des fournitures en retard.

Si, après avoir été mis en demeure par la compagnie, l'entrepreneur

n'a pas, à la fin du mois suivant, fourni la totalité des rails qu'il est tenu de livrer d'après le présent cahier des charges, la compagnie, sans autre formalité, pourra résilier le marché et faire approvisionner les fournitures en retard par un autre entrepreneur.

Dans ces divers cas, le dixième dont il est parlé au premier paragraphe de cet article, sera acquis à la compagnie, et les excédants du prix et les dépenses nécessaires pour compléter la fourniture, seront prélevés sur les sommes qui pourront être dues à l'entrepreneur, sans préjudice des droits à exercer contre lui en cas d'insuffisance.

Si le marché avec le nouvel entrepreneur amenait, au contraire, une diminution dans le prix des rails, l'entrepreneur évincé ne pourrait réclamer aucune part de ce bénéfice, qui resterait acquis à la compagnie.

Art. 14. — Chaque année, il sera dressé par les employés de la compagnie un état de situation, dans lequel on comprendra tous les rails reçus à la gare pour les neuf dixièmes de leur valeur. Le dernier dixième formera la retenue de garantie. *Etat annuel des rails reçus.*

Le montant de cet état, déduction faite des à-comptes délivrés antérieurement, sera payé au fournisseur dans le courant du mois qui suivra la livraison.

La retenue de garantie cessera, lorsqu'elle sera égale à soixante fois le prix fixé par la soumission pour une tonne. Elle sera remboursée au fournisseur, un an après l'achèvement des fournitures dues en vertu du présent cahier des charges, sans préjudice de la garantie dont il est question à l'art. 15.

Art. 15. — Le fabricant garantira les rails pendant un an de service, lequel compte à partir du moment de leur mise en place sur les voies. *Garantie des rails pendant un an de service.*

Il est entendu que cette garantie s'appliquera à toute imperfection dont on ne s'apercevrait pas quand les rails seraient livrés par le fabricant.

Les rails dégradés seront reconnus contradictoirement et rendus au fabricant, lequel en devra tenir compte à la compagnie, ou les remplacer si la compagnie l'exige.

Art. 16. — Toutes contestations sur l'interprétation et l'exécution du présent cahier des charges, seront jugées par le tribunal de commerce de la Seine. *Contestations.*

CAHIER DES CHARGES DU CHEMIN D'AVIGNON A MARSEILLE, *pour la fourniture des rails.*

Forme de rails. **Art. 1er.** — *(Comme au cahier des charges de l'Etat.)*

Longr des rails. **Art. 2.** — La longueur normale des barres sera de 4m,80. Pour faciliter la fabrication, une barre sur vingt sera admise avec une longueur de 3m,60. *(Le surplus comme au cahier des charges de l'Etat.)*

Nature du fer. **Art. 3 et 4.** — *(Comme au cahier des charges de l'Etat.)*

Tolérance sur la longueur des rails. **Art. 5.** — Tous les rails seront coupés aux deux bouts à la scie, et à une distance suffisante des bouts *écrus*, pour que ses deux extrémités soient parfaitement saines. Les bouts sciés devront être nettoyés de toute bavure avec le burin et la lime, et il ne pourront jamais être parés au marteau; les bavures seront enlevées avec soin; les plans des sections seront parfaitement d'équerre sur l'axe du rail; la tolérance fixée sur les longueurs n'excédera jamais un millimètre et demi; tout rail coupé sur commande, à une longueur différente de plus de dix centimètres des longueurs normales de la pose, sera payé 5 pour 100 en sus du prix ordinaire.

Réception. **Art. 6, 7 et 8.** — *(Comme au cahier des charges de l'Etat.)*

Lieux de livraison. **Art. 9.** — Les rails seront livrés par le fournisseur chargés sur les wagons des chemins de fer du Gard, au pied du plan incliné de l'usine.

Montant de la fourniture. **Art. 10.** — La fourniture sera de ..... tonnes.

Dates des livraisons. **Art. 11.** — Les livraisons auront lieu à partir du ....., de mois en mois, à raison de ..... par mois.

Prix de la fourniture. **Art. 12.** — Le prix de la fourniture est réglé à ..... les 100 kilog., les rails chargés sur les wagons du chemin de fer, comme il est dit à l'art. 9.

Paiements. **Art. 13.** — Les livraisons seront payées à l'entrepreneur en obligations garanties par l'Etat, au cours moyen de la rente du mois précédent, sous retenue d'un dixième pour garantie. Cette retenue cessera d'être appliquée aux livraisons, lorsque la somme retenue aura atteint le chiffre de cinquante mille francs.

Garantie. **Art. 14.** — Le fournisseur garantit les rails pendant un an de service, lequel compte à partir de l'ouverture du chemin de fer; en conséquence, la réception des rails ne pourra être opposée à la compagnie, ni former obstacle aux réclamations auxquelles pourraient donner lieu des défauts de qualité, reconnus postérieurement à la réception.

Il est toutefois entendu que cette garantie ne s'étendra pas aux rails

qui seraient employés sur des chemins provisoires, pour le transport des terres ou matériaux quelconques, et qui alors recevraient, en présence du fabricant ou de son représentant, une marque distinctive.

Tout rail qui, pendant le délai ci-dessus stipulé, s'altérerait par quelque cause que ce fût, hors le cas de choc violent constaté, sera remplacé au frais du fabricant.

La retenue de garantie ne sera payée au fournisseur qu'après l'expiration de la garantie.

Retenue pour non-exécution.

Art. 15. — *(Comme à l'art. 13 du cahier des charges; plus le paragraphe suivant :)*

Dans le cas où les livraisons viendraient à être en retard de trois mois, la compagnie aura le droit, dans le délai d'un mois après la mise en demeure des fournisseurs, d'adjuger à la folle enchère les livraisons en retard. Les fournisseurs supporteront la différence du prix qui pourrait résulter de la folle enchère, sans préjudice des dommages-intérêts résultant du retard.

Contestations.

Art. 16. — En cas de difficulté entre le fournisseur et l'agent chargé de la réception, elles seront tranchées, en dernier ressort, par l'ingénieur en chef de la compagnie.

Toutes réclamations à raison de la qualité des rails, qui pourraient être élevées par la compagnie après la réception des rails, et à raison de la garantie stipulée à l'article 14, seront jugées en dernier ressort par M. Didion, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et, à son défaut, par M. Emile Martin; en cas d'empêchement de l'un et de l'autre, par M. Jullien, ingénieur en chef des ponts et chaussées. L'arbitre unique prononcera comme amiable compositeur; sa sentence sera définitive et ne sera susceptible d'aucun appel.

Toutes les contestations qui pourraient s'élever entre la compagnie et les fournisseurs, soit sur les réglements de comptes, soit sur les dommages-intérêts auxquels la compagnie pourrait avoir droit, à raison du retard ou du défaut de livraison, seront également jugées par M. Didion, et, à son défaut, par M. Emile Martin, et, à défaut de l'un et de l'autre, par M. Jullion, ingénieur en chef des ponts et chaussées, avec les mêmes pouvoirs qui leur sont attribués par le paragraphe précédent.

En cas d'empêchement ou de refus des trois arbitres uniques désignés ci-dessus, les contestations auxquelles pourrait donner lieu l'exécution du présent marché, seront jugées par le tribunal de commerce de Marseille. A cet effet, MM. Drouillard, Benoît et C^e sont tenus, d'hors et déjà, d'élire à Marseille un domicile, auquel toutes mises en demeure et notifications seront signifiées valablement.

CAHIER DES CHARGES IMPOSÉ PAR LE GOUVERNEMENT BELGE

pour la fourniture des rails, des coussinets et des chevilles en fer.

Rails. ART. 1er. — Les rails auront leurs surfaces supérieures et inférieures parallèles, et seront rigoureusement conformes au dessin qui sera remis à l'entrepreneur par l'inspecteur ou l'ingénieur en chef chargé de la direction des travaux, dans les dix jours qui suivront l'approbation de l'adjudication.

La longueur de chaque rail sera de 4m,50; il pourra toutefois en être livré de 3m,60 et de 5m,40, mais seulement jusqu'à concurrence de 4 pour cent du poids total de la fourniture.

Il est expressément entendu que la longueur de chaque rail sera exactement l'une de celles indiquées plus haut, et qu'il ne sera accordé aucune tolérance à cet égard.

Les rails pèseront 25 kilogrammes par mètre de longueur. Le poids de chaque barre pourra dépasser de 2 pour 100 celui qu'elle aurait dû avoir d'après ce qui vient d'être dit, ou lui rester inférieure de la même quantité, pourvu que la différence totale qui existera entre le poids réel de la fourniture entière et celui exigé ne diffère pas de 1 $^1/_2$ pour 100.

L'extrémité des rails sera proprement recoupée, conformément aux indications qui seront données par la direction.

Les rails seront en fer fort de première qualité, fabriqué avec les meilleures fontes, bien affiné et pafaitement soudé.

Les barres seront dressées avec le plus soin, bien droites et d'équerre, sans aucun gauchissement, ni dans la surface destinée au roulage, ni dans les faces latérales; elles ne présenteront, d'ailleurs, aucune bavure ni gerçure nuisibles, aucune exfoliation ni aucun démaigrissement.

Chaque rail devra pouvoir subir à froid, étant posé à plat sur des supports espacés d'un mètre, et sans qu'il en résulte ni cassure ni déchirure, une flexion du dixième de la distance des points d'appui; cette flexion sera produite au moyen de la chute d'un mouton de 200 kilog., tombant d'une hauteur de 4 mètres.

Coussinets, ART. 2. — Les coussinets seront de deux sortes, savoir : un cinquième de grands et quatre cinquièmes de petits.

Les grands, destinés à supporter les abouts des rails, et qui doivent recevoir deux clés, seront du poids de 10 kilog. $^1/_2$.

Les petits, servant de supports intermédiaires et ne recevant qu'une clé, pèseront 9 kilog.

Ils seront tous rigoureusement exécutés conformément aux dessins cotés qui seront remis à l'entrepreneur, et devront s'ajuster parfaitement avec les rails.

Ils devront être de première qualité, en fonte grise, moulés avec soin, bien droits et d'équerre dans tous les sens, et ne présentant aucun retrait ni soufflure, les trous et rainures sans bavures et n'inclinant d'aucun côté.

Les coussinets trop pesants ne seront reçus que pour le poids fixé, et pour autant que leur forme soit régulière et convenable. Ceux, au contraire, qui seraient trop légers, pourront être également reçus, mais seulement pour leur poids effectif, pourvu toutefois que la différence sur chaque coussinet ne dépasse pas un quart de kilog.

Chevilles et clavettes.

ART. 3. — Les chevilles, ainsi que les clés ou clavettes, seront exécutés suivant les dessins et les indications qui seront donnés à l'entrepreneur par la direction; ils seront parfaitement façonnés en fer fort de première qualité, pliant et se redressant à froid sans cassure.

Leur poids sera d'environ 0,30 kilog. pour les chevilles, et de 0,35 kilog. pour les clavettes.

Modèles.

ART. 4. — Dans les quinze jours qui suivront l'approbation de l'adjudication, l'entrepreneur devra faire agréer par la direction un échantillon de chaque espèce d'objets compris dans la présente entreprise.

Ces échantillons, qui devront s'ajuster parfaitement, serviront de types à la fourniture; ils seront, à cet effet, dès qu'ils auront été approuvés, revêtus du cachet de la direction et de celui de l'entrepreneur.

Lieux de dépôt.

ART. 5. — Les rails et coussinets seront livrés aux lieux de dépôt, que la direction des travaux désignera à l'entrepreneur le long du tracé du chemin de fer.

Epoque d'approvisionnement.

ART. 6. — Toutes les pièces dont se compose la fourniture de chaque lot, devront être amenées sur les lieux de depôt dans un terme de trois mois, pour les lots numéros 1, 4 et 5, et de neuf mois, pour les numéros 2, 3 et 6, à compter du jour où le fournisseur aura reçu l'avis que sa soumission est approuvée par le ministre des travaux publics.

Dans le cas où l'entrepreneur ne satisferait point à cette obligation, il pourra lui être fait, sur le montant de son marché, une retenue de trois cents francs par tonne de fer manquant; si vingt jours s'écoulaient sans que la totalité de la fourniture fût effectuée, l'administration aurait le droit de se pourvoir d'office des fers manquant encore, à la charge et aux frais de l'entrepreneur, comme il sera dit ci-après à l'article 15.

Récépissés provisoires.

Art. 7. — Chaque envoi sera accompagné d'une lettre de voiture ou facture double, rédigée dans la forme à déterminer, et indiquant, par espèce, le nombre des pièces et leur poids.

Immédiatement après leur déchargement aux lieux de dépôt, et vérification faite de l'espèce et du nombre des pièces, une déclaration constatant le résultat de cette vérification, sera échangée contre un des doubles de la lettre de voiture, l'autre restant à la direction.

Réception des fers.

Art. 8. — Les fers ne seront admis aux examens, essais et pesages nécessaires à la réception dans les magasins de l'administration, qu'autant :

1° Qu'ils présenteront, en ce qui concerne les rails et coussinets, la marque distinctive des fabriques ou usines du fournisseur, et le numéro du lot dont ils font partie ;

2° Qu'ils formeront un assortiment complet, c'est-à-dire que les pièces des diverses espèces seront dans la même proportion que les quantités composant la fourniture entière ;

3° Que leur poids total sera d'au moins cinquante tonnes.

Examens, essais et pesages.

Art. 9. — Les examens, essais et pesages dont il est parlé à l'article précédent, auront lieu dans les dix jours de l'entrée des fers au dépôt, soit en présence, soit en l'absence de l'entrepreneur, officiellement prévenu, en temps opportun, du jour fixé pour cette opération.

Fournitures au rebut.

Art. 10. — Dans le cas où les fournitures, ou parties de fournitures, ne seraient point trouvées conformes aux conditions stipulées au présent cahier des charges, elles seront rejetées, soit en masse, soit partiellement, au gré de la direction, et soumises à la marque de rebut, quoique n'ayant pas été essayées dans chaque pièce individuellement.

Il est entendu, en outre, que celles de ces pièces qui seraient reconnues, au moment de la pose du railway, ne pas s'ajuster parfaitement, seront rebutées, quand bien même elles auraient été reçues provisoirement.

L'entrepreneur s'engage à retirer aussitôt des lieux de dépôt les fers rebutés. A défaut de se conformer à cette dernière stipulation, la délivrance des certificats de paiement qui pourraient lui être dus sera suspendue jusqu'à l'enlèvement desdits rebuts.

Réglement de compte.

Art. 11. — Il sera procédé au réglement des fournitures reçues d'après les dispositions de l'article 8, au fur et à mesure que l'assortiment complet des pièces approvisionnées aura atteint le tiers des quantités de fers de toute nature à livrer, et des certificats d'à-compte seront ensuite immédiatement délivrés à l'entrepreneur jusqu'à concurrence des sept huitièmes de la valeur des approvisionnements admis comme acceptables, sauf l'application de la réserve prévue à l'article précédent.

Il est toutefois expressément entendu qu'aucun paiement ne pourra être exigé par l'entrepreneur, pour les lots numéros 1, 4 et 5, qu'après l'expiration du deuxième mois qui suivra l'approbation du contrat, et pour les lots numéros 2, 3 et 6, qu'à l'expiration du sixième mois après ladite approbation; enfin, que le paiement du dernier tiers, diminué également du huitième pour garantie, ne pourra, dans aucun cas, avoir lieu qu'à l'expiration des termes fixés pour chaque lot à l'article 6.

Garantie.

Art. 12. — La différence retenue pour garantie des engagements de l'entrepreneur, restera au pouvoir de l'administration pendant les six mois qui suivront la réception du dernier tiers des fers livrés.

Pendant cet intervalle, l'entrepreneur demeurera responsable de la qualité des fers, soit que chaque article de la fourniture ait ou n'ait pas été soumis individuellement, au moment de la réception à l'épreuve de la résistance, et sera tenu de reprendre et de remplacer sur-le-champ toutes les barres qui seraient reconnues défectueuses ou fabriquées avec du fer de mauvaise qualité, lors même qu'on les aurait préalablement utilisées pour le transport des terres ou des matériaux du railway.

Remise de la retenue opérée pour garantie.

Art. 13. — A l'expiration des six mois de la garantie, le montant de la retenue sera, s'il y a lieu, délivré à l'entrepreneur pour solde des livraisons sur lesquelles elle aura été opérée.

Paiements.

Art. 14. — Vingt jours, au plus tard, après qu'il aura remis au ministre des travaux publics les certificats d'à-compte et de solde mentionnés aux art. 11 et 13, en les accompagnant de ses déclarations sur timbre, l'entrepreneur recevra une ordonnance de payement sur le directeur du trésor, à Bruxelles, qui lui délivrera, en échange, une assignationdu montant de ladite ordonnance, payable à présentation dans les bureaux de la Banque (caissier général de l'Etat), à Bruxelles.

Adhésion de l'entrepreneur aux mesures à prendre d'office.

Art. 15. — Les mesures d'office dont il est parlé à l'article 6, seront prises par l'administration, sans qu'elle ait besoin de recourir à l'intervention de la justice, l'entrepreneur approuvant, dès à présent et pour lors, tout ce qu'elle aura fait.

Domicile de l'entrepreneur.

Art. 16. — L'entrepreneur sera tenu, dans les huit jours qui suivront l'approbation de l'adjudication, de désigner, dans la ville où réside la direction, un domicile réel ou d'élection où lui seront adressés la correspondance, les ordres de service et dispositions relatifs à l'objet de son entreprise.

En cas d'absence, il fera agréer par la direction un délégué capable de le remplacer, et qui ait plein pouvoir d'agir en son nom.

Sous-traitants.

Art. 17. — Les sous-traitants que l'entrepreneur s'associerait ne seront point reconnus en cette qualité par l'administration.

Agents de l'entrepreneur. **Art. 18.** — L'entrepreneur répondra, en son propre et privé nom, des fraudes de ses agents.

Frais divers. **Art. 19.** — Tous frais quelconques de transport, déchargement, pesage, vérification, essais, emmagasinage, etc., sont à la charge de l'entrepreneur.

Force majeure. Indemnités. **Art. 20.** — L'entrepreneur ne sera recevable à invoquer la force majeure, soit pour justifier de l'inexécution de l'une ou de l'autre de ses obligations, soit pour réclamer des indemnités, à quelque titre que ce puisse être, que pour autant que, dans les vingt jours, des circonstances ou événements d'où seraient résultés les obstacles, il en aurait fait connaître la réalité par l'administration.

Il en serait de même des faits que l'entrepreneur croirait pouvoir reprocher à l'administration ou à ses agents ; il ne serait admis à en argumenter que s'il en avait fait reconnaître la réalité et l'influence au moment où ils auraient été posés, ou dans les dix jours au plus tard.

L'entrepreneur ne pourra baser une demande en réclamation quelconque sur des ordres ou instructions qui lui auraient été donnés verbalement.

Contestations. Arbitrage. **Art. 21.** — Toutes les contestations qui pourront s'élever entre le gouvernement et le fournisseur, à l'occasion ou par l'effet du présent cahier des charges, qu'elles tiennent, soit à l'interprétation, soit à l'exécution des clauses et conditions qu'il renferme, seront soumises à trois arbitres, qui statueront définitivement, les parties contractantes renonçant, dès à présent et pour lors, à attaquer la décision des arbitres, par aucun moyen d'opposition, d'appel ou de cassation.

Les parties désignent pour leurs arbitres communs : les présidents du tribunal de première instance et de la chambre de commerce de Bruxelles, et l'ingénieur en chef des ponts et chaussées dans le Brabant.

Frais de timbre, d'impressions et d'enregistrement. **Art. 22.** — Les frais d'impression, d'avertissement, de timbre et d'enregistrement, relatifs à la présente entreprise, seront, proportionnellement au montant respectif de chaque lot, à la charge des entrepreneurs.

L'enregistrement de chaque marché sera perçu au droit fixe de 1 fr. 70 cent.

Disjonction d'entreprises. **Art. 23.** — L'entrepreneur déclare et reconnaît que, tant à son profit qu'au profit du gouvernement, l'entreprise soumissionnée sur le présent cahier des charges, doit demeurer tout-à-fait distincte et indépendante de toutes autres entreprises qui lui sont actuellement ou pourront par la suite lui être adjugées ; l'une de ces entreprises devant, quant aux droits et obligations qui en résultent, être considérée vis-à-vis de

l'autre, comme si elle avait été contractée entre deux personnes, tellement que les difficultés qui surviendraient quant à l'exécution de l'une de ces entreprises, ne pourront, dans aucun cas, servir de prétexte pour modifier ou retarder l'exécution de l'autre.

(Les articles suivants sont relatifs au mode d'adjudication.)

EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES

POUR LA FOURNITURE DES RAILS

du chemin de fer du Mein au Neckar (Allemagne).

ART. 1er. — Les rails auront la forme dite *rail de Vignoles* (rail américain), conformément au profil annexé au présent cahier des charges. Le fournisseur, au moment où le marché sera conclu, recevra un gabari exact. Forme des rails.

ART. 2. — La longueur de chaque rail sera égale à 5 mètres (*). Le fournisseur est autorisé cependant à faire la vingtième partie de ses livraisons en rails de 4 mètres de longueur. Le poids moyen des rails sera de 35 kilogrammes par mètre courant, avec une tolérance de 5 pour 100 sur le poids. Longr des rails.

ART. 3. — Les rails devront être fabriqués en fer désigné dans le commerce sous le numéro 3; le soumissionnaire devra remettre, avec sa soumission, des échantillons du fer qu'il s'engage à fournir, en bouts de rails de la dimension la plus forte, de 1 mètre environ de longueur, et présentant une cassure fraîche. Nature du fer.

ART. 4. — Pour ce qui concerne le mode de fabrication, il est prescrit, comme condition spéciale, que le fer ne sera pas immédiatement façonné en rails à sa sortie des fours à puddler. Les fabricants devront détailler, dans leur soumission, les préparations intermédiaires auxquelles ils soumettront le métal. Mode de fabrication.

ART. 5. — Les rails devront sortir nets et lisses du laminoir; c'est-à-dire qu'ils ne devront présenter, soit à la surface supérieure, soit sur les côtés, aucune inégalité, défaut de soudure, paille ou gerçure. Les extrémités seront coupées à la scie, à angle droit avec les faces supérieures et latérales; la face de sciage sera complétement ébarbée et terminée à la lime. Les rails doivent être entièrement droits, et leur base Etat des rails.

(*) Toutes les indications numériques sont données en mesures métriques; notre système métrique fait de jour en jour des progrès en Allemagne.

doit pouvoir s'appliquer exactement sur une surface plane. Aux deux extrémités, les angles de la base doivent être abattus.

Epreuves.

ART. 10. — L'épreuve des rails sera faite à l'usine même par un commissaire du Gouvernement grand-ducal; cette épreuve aura pour objet de constater les défauts énumérés dans l'article 5 ci-dessus, de constater le poids au moyen d'une balance légale, de vérifier la forme au moyen du gabari poinçonné, et de vérifier la structure et la solidité du fer au moyen d'essais sur la résistance au choc, et par l'examen de la cassure. Le commissaire s'attachera, en outre, à reconnaître si les procédés de fabrication spécifiés sont exactement suivis.

Avertissement à donner par l'entrepreneur.

ART. 11. — L'entrepreneur doit, avant chacune des époques de livraison, faire savoir que ses rails sont prêts pour les examens et les épreuves auxquels ils doivent être soumis, assez tôt pour que cette opération puisse être faite d'une manière complète et sans précipitation, et sans qu'il en résulte de retard pour les livraisons, auquel cas, il aurait à supporter seul toutes les conséquences du retard.

Surveillance de la fabrication et épreuves par le choc.

ART. 12. — L'entrepreneur de cette fourniture de rails devra donner libre entrée à tout instant, dans son usine, au commissaire grand-ducal, lui donner tous les renseignements nécessaires, lui fournir tous les ouvriers dont il aura besoin pour ses essais, et disposer avant son arrivée tous les appareils nécessaires, et notamment un mouton de 300 kilog., tombant de 5 mètres de hauteur. Le commissaire soumet, à son choix, les rails à l'épreuve du choc ou de la cassure. Pour l'épreuve de choc, on place le rail sur deux supports écartés de 1 mètre, et on laisse tomber, à égale distance de ces supports, de 5 mètres de hauteur, le mouton de 300 kilog. Le rail qui, sous l'action de ce choc, éprouve une flexion, est retourné et soumis de nouveau à l'action du mouton. Après cette épreuve, le rail ne doit montrer aucune gerçure, cassure, etc. Si les premières épreuves de choc font soupçonner que le fer est de mauvaise qualité, ce qui est abandonné à l'appréciation du commissaire seul, l'épreuve doit être répétée sur des rails au choix du commissaire, dont le nombre représente demi pour cent de la fourniture totale en cours de réception. Si le tiers de ce demi pour cent ne supporte pas convenablement l'épreuve, le commissaire a le droit de rejeter toute la fourniture sans autre examen. Tous les rails reconnus de bonne qualité sont poinçonnés; tous les rails reconnus de mauvaise qualité, de mauvaise forme, ou de poids trop fort ou trop faible, sont frappés d'un poinçon de rebut, et ne peuvent pas être compris dans les livraisons

EXTRAIT DU CAHIER DES CHARGES

IMPOSÉES PAR LE GOUVERNEMENT SARDE

pour la fourniture des rails, des coussinets et des chevilles.

Art. 2. — Les rails sont parallèles, à deux champignons inégaux; ils seront coupés d'équerre, auront une longueur de 4m,50, et pèseront 153 kilog., soit 34 kilog. par mètre courant; ils seront conformes aux dessins annexés au présent cahier des charges, et devront s'adapter exactement aux gabaris ou calibres, qui seront remis à l'entrepreneur après l'approbation de sa soumission. Forme des rails.

Les barres seront dressées avec le plus grand soin, bien droites et d'équerre, sans aucun gauchissement dans la surface destinée au roulage, ni dans les faces latérales, et seront exemptes de bavures, exfoliations et démaigrissements. On ne pourra pas faire usage du marteau en fer pour dresser les rails.

Les extrémités des rails devront présenter une coupure nette, sans bavures ni aplatissement sur les bords. Le contour de la section devra se trouver dans le prolongement de la surface du rail, et reproduire ainsi la figure du calibre qui sera remis à l'entrepreneur.

Les rails doivent présenter une grande dureté pour résister à l'usure, et une grande ténacité pour supporter les véhicules sans rien perdre de leur élasticité. Pour satisfaire à cette double condition, le rail sera en fer fort, première qualité, à la fois dur et nerveux, et ne présentera dans sa cassure ni lames ni facettes; les différentes pièces dont il aura été composé, devront être parfaitement soudées.

Les rails devront, en outre, satisfaire aux conditions suivantes: posé de champ et à froid sur des appuis distants d'un mètre, chaque rail devra pouvoir subir, sans qu'il en résulte ni cassure ni déchirure, le choc d'un mouton de 300 kilog., tombant de 5 mètres de hauteur; posé de champ et sur des appuis éloignés de 4 mètres, chaque rail devra, après avoir supporté pendant une minute un effort de 2,200 kilog. appliqués au milieu de sa longueur, reprendre immédiatement la forme qu'il avait avant d'être chargé, sans conserver de flexion supérieure à un demi-millimètre.

Le poids des barres pourra dépasser de 3 pour 100 le poids de 153 kilog., ou bien être inférieur de la même quantité, mais la différence sur l'ensemble ne pourra dépasser 2 pour 100.

Art. 3. — Les coussinets destinés à fixer les rails aux billes ou tra- Coussinets.

verses, seront de deux échantillons; le plus grand, ou coussinet d'about, est destiné à recevoir les extrémités des rails, il pèsera de 13k,20 à 13k,80; le plus petit, ou coussinet intermédiaire, pèsera de 10k,50 à 10k,90. Ils seront fournis dans la proportion de 1/5 de grands ou d'abouts, et de 4/5 de petits ou intermédiaires.

Les coussinets seront conformes aux dessins annexés au présent cahier des charges, et rigoureusement égaux et semblables aux modèles qui seront remis à l'entrepreneur après l'approbation de sa soumission.

Les coussinets trop pesants ne seront reçus que pour le poids fixé ci-dessus, et pour autant que leur forme soit régulière et convenable.

La fonte des coussinets devra être de seconde fusion et de première qualité de fonte grise; ils seront moulés avec le plus grand soin, bien droits et d'équerre, sans retrait, cavité, soufflure, ni bavure; les trous pour chevilles seront bien droits et d'aplomb, et les faces extérieures des joues, exemptes de toute aspérité, seront parfaitement lisses. Pour atteindre ce résultat, les noyaux des moules devront être en métal.

Les entailles destinées à recevoir les coussinets et les trous pour chevilles, seront pratiquées dans les billes par un procédé mécanique. Il est, en conséquence, indispensable que le profil intérieur des joues du coussinet et les trous pour chevilles aient, par rapport au plan et au contour de la base, une position identique dans tous les coussinets. Cette position sera vérifiée à l'aide de calibres.

Les faces verticales de la base du coussinet, parallèles à l'axe de la voie, devront être parfaitement nettes, et conserveront entre elles une distance rigoureusement égale dans tous les coussinets.

Pour assurer le contact du coussinet sur le pourtour de la base, celle-ci présentera une saillie de 0m,001 formant cadre; la surface de cette saillie sera parfaitement plane ainsi que la surface intérieure de l'assiette.

Le jet devra être placé sur l'un des côtés verticaux de la partie inférieure du coussinet, perpendiculaire à l'axe de la voie.

Les coussinets devront s'adapter exactement aux rails, et l'administration aura le droit de refuser tous ceux dont le profil, qui doit être en contact avec le rail, différerait d'un millimètre du profil assigné par le calibre délivré à l'entrepreneur.

Les coussinets devront pouvoir subir l'épreuve suivante : posé horizontalement sur deux appuis, distants de 0m,24, chaque coussinet devra, sans éprouver aucune altération, résister au choc produit par la chute d'un mouton pesant 100 kilog., agissant sur une surface de 0m,02 de largeur, et d'une longueur égale au petit côté de la base du coussinet,

et tombant d'une hauteur de $0^m,30$ pour les coussinets d'about, et de $0^m,23$ pour les coussinets intermédiaires.

Chevilles.

Art. 4. — Les chevilles auront les formes indiquées par les dessins annexés au présent cahier des charges; elles auront $0^m,019$ de diamètre: la longueur de la portion cylindrique sera de $0^m,14$ pour les coussinets d'about, et de $0^m,13$ pour les coussinets intermédiaires.

Le fer pour chevilles sera de première qualité de fer, fort et nerveux.

Les chevilles devront pouvoir être pliées d'équerre à froid, sans casser, ni présenter de déchirures.

Modèles.

Art. 5. — L'administration fera exécuter en double les gabaris, ou calibres servant à préciser les formes et dimensions des rails, le profil des joues intérieures des coussinets, la position des trous des chevilles par rapport à la base, et les modèles pour coussinets.

Une série de ces pièces sera remise à l'entrepreneur, munie du cachet de l'administration; l'autre sera conservée par l'administration, après avoir été revêtue du cachet de l'entrepreneur, et servira à la vérification de la fourniture.

L'entrepreneur devra informer l'administration de l'époque à laquelle il pourra fournir un échantillon de chacune des pièces composant son entreprise, et ces échantillons devront être agréés par un délégué de l'administration, avant que l'entrepreneur puisse commencer sa fabrication.

Epreuves.

Art. 6. — Avant de recevoir les fers décrits ci-dessus, on constatera, à l'aide de calibres et modèles spécifiés à l'article 5, qu'ils ont rigoureusement les formes et dimensions prescrites; on vérifiera leur qualité en formant des lots composés d'un nombre à déterminer par l'administration, des rails, des coussinets et des chevilles; puis, prenant un échantillon de chaque lot, on constatera qu'il satisfait aux épreuves et conditions prescrites par le présent cahier des charges.

L'administration pourra refuser en entier le lot qui aurait fourni un échantillon qui ne satisferait pas aux prescriptions du cahier des charges.

Tous les rails seront soumis à l'essai qui doit constater leur élasticité, et seront, à cet effet, posés sur des appuis éloignés de $4^m,00$, puis l'on exercera sur leur milieu un effort de 2,200 kilog. pendant une minute, après quoi le rail devra reprendre sa forme primitive, sans flèche permanente supérieure à un demi-millimètre, faute de quoi il sera refusé.

L'administration se réserve le droit de faire suivre, par ses agents, la fabrication des rails; les fabricants seront tenus de leur donner, à cet effet, tous les renseignements qu'ils demanderont.

Les fournisseurs ne pourront élever aucune réclamation lors même que les rails, dont la fabrication aura été suivie, seraient rebutés pour défauts quelconques.

Echantillons. ART. 7. — Afin de prévenir toute difficulté dans l'appréciation, tant de la qualité des fers que du soin apporté dans leur fabrication, les soumissionnaires devront joindre, à leur proposition, un rail d'au moins deux mètres de longueur, avec trois coussinets et accessoires.

Les échantillons déposés par le maître de forges qui obtiendra la préférence, seront conservés et serviront de type pour tout le marché, qui devra être d'une qualité et d'une exécution au moins égale à ces échantillons; il n'est pas nécessaire que ces fers aient les dimensions indiquées ci-dessus; il suffira qu'ils présentent des formes et dimensions assez peu différentes pour faire apprécier à la fois le mode de fabrication et la nature du fer employé.

Les échantillons joints aux propositions non acceptées, seront remis à leur propriétaire.

Lieux de dépôt. ART. 8. — Les fers devront être livrés, au choix du soumissionnaire, dans les magasins du port franc de Gênes, ou de la ville de Turin, qui seront indiqués par l'administration.

ART. 9. — Les premières livraisons devront être faites dans le délai de six mois, à dater du jour de l'approbation de la soumission, et continuées avec l'activité nécessaire, pour que toute la fourniture composant l'entreprise soit complète dans douze mois, à dater du même jour de l'approbation.

Retard dans les livraisons. ART. 10. — Dans le cas de retard de l'entrepreneur à effectuer les fournitures dans le délai établi, la valeur du dixième du montant des fournitures retardées sera de plein droit acquise à l'administration, à titre de dédommagement du tort causé par ce retad, et ce, sans préjudice du droit qu'aura toujours l'administration de se pourvoir d'office des fers aux frais et risques de l'entrepreneur, lorsqu'elle ne les recevra pas de lui en temps utile.

Récépissés provisoires. ART. 12. — Chaque envoi sera accompagné d'une lettre de voiture, ou facture en double, indiquant par espèce le nombre des pièces et leur poids.

Immédiatement après leur déchargement au lieu de dépôt, vérification sera faite de l'espèce et du nombre des pièces; le résultat de cette vérification sera consigné sur les deux lettres de voitures, dont l'une sera remise à l'entrepreneur, l'autre restant à l'administration.

Réception. ART. 13. — Les fers ne seront admis aux examens, essais et pesages nécessaires à la réception, que pour autant qu'ils présenteront la marque

distincte des fabriques ou usines du fournisseur, ainsi que l'année de la fourniture, et qu'ils formeront un assortiment complet, c'est-à-dire que les pièces de diverses espèces soient dans la même proportion que les quantités composant la fourniture entière.

Art. 14. — On procédera à l'examen, à l'essai et au pesage de réception, dans les dix jours de l'entrée des fers au dépôt, soit en présence, soit en l'absence de l'entrepreneur, prévenu du jour de cette opération par une lettre de l'administration, remise à son domicile d'élection. Dates des réceptions.

Art. 15. — Dans le cas où les fournitures, ou partie des fournitures, ne seraient point trouvées conformes aux conditions stipulées au présent cahier des charges, elles seront rejetées, soit en masse, soit partiellement, au gré de l'administration, et soumises à la marque de rebut, quoique n'ayant pas été essayées dans chaque pièce individuellement. Fournitures au rebut.

L'administration pourra, selon qu'elle le jugera convenable, faire reprendre les fers rebutés, soit immédiatement, soit à l'époque où tout le marché sera complété, et elle prescrira les mesures qu'elle croira nécessaires pour assurer la réexportation, ou le paiement des droits de douane de ces fers.

Art. 16. — A mesure de l'avancement des fournitures, il sera délivré à l'entrepreneur, sur procès-verbal de réception provisoire, des certificats de paiement jusqu'à concurrence de neuf dixièmes des quantités acceptées; l'autre dixième restera à la disposition de l'administration pour garantie des engagements de l'entrepreneur, jusqu'à fourniture complète des quantités adjugées. Réglement de compte.

A dater du jour de la délivrance du dernier certificat de paiement, le fournisseur et sa caution seront responsables, pendant deux ans, de la qualité des rails placés dans la voie. L'entrepreneur et sa caution devront, à la première sommation de l'administration, reprendre et remplacer, par d'autres rails ayant les qualités prescrites au présent cahier des charges, tous ceux qui seront trouvés atteints d'exfoliations ou d'autres défauts quelconques.

Ainsi, les engagements de la caution dureront encore pendant les deux années susdites qui suivront le complet achèvement de la fourniture, mais seulement pour une somme égale au montant du dixième de l'entreprise.

Art. 19. — Les sous-traitants que l'entrepreneur s'associerait, ne seront point reconnus en cette qualité par l'administration. Sous-traitants.

Art. 21. — Tous frais quelconques de transport, déchargement et emmagasinage en tas réguliers, dans les lieux de dépôt désignés par Frais des réceptions.

l'administration, conformément à l'article 8, sont à la charge de l'entrepreneur.

Le pesage est à la charge de l'administration.

L'examen, l'essai et la pesée de réception, auront lieu dans les magasins susdits, en conformité, au reste, du réglement prescrit par le cahier des charges.

Les frais de transport des fers, de ces magasins aux chantiers, et les formalités relatives, seront aussi à la charge de l'administration.

Force majeure.

ART. 28. — L'entrepreneur ne sera recevable à invoquer la force majeure, soit pour justifier de l'inexécution de l'une ou de l'autre de ses obligations, soit pour réclamer des indemnités, à quelque titre que ce puisse être, que pour autant que dans les vingt jours des circonstances ou événements d'où seraient résultés les obstacles, il en ferait connaître la réalité par l'administration.

CAHIER DES CHARGES DU GOUVERNEMENT FRANÇAIS,
pour la fourniture des chairs ou coussinets en fonte.

Forme des coussinets.

ART. 1er. — La forme et les dimensions des chairs seront exactement conformes aux modèles poinçonnés qui seront remis au fournisseur.

Deux espèces de coussinets.

ART. 2. — Les chairs seront de deux espèces : le chair intermédiaire et le chair de joint.

Les chairs de joint formeront le quart, et les chairs ordinaires les trois quarts du nombre total des chairs compris dans la fourniture.

Poids en tolérance

ART. 3. — Le poids normal du coussinet, rigoureusement conforme au modèle adopté, sera fixé d'avance, contradictoirement entre l'ingénieur et le fabricant.

Il sera accordé, dans les réceptions, une tolérance de 3 pour 100 en plus ou en moins sur ce poids. Dans cette limite de tolérance, les coussinets seront payés d'après leur poids réel; au-dessous de cette tolérance, ils seront rejetés; au-dessus, ils seront acceptés, mais l'excédant de poids ne sera pas payé au fournisseur.

Nature de la fonte et épreuves.

ART. 4. — Les chairs seront en fonte grise, de première ou de deuxième fusion. Cette fonte devra être tenace et douce à la lime, à grains gris, serrés et homogènes, sans aucun défaut comme gravelure, goutte froide, etc.; sa résistance absolue devra être d'au moins 1,500 kilog. par centimètre carré de section.

Cette résistance sera constatée par des expériences contradictoires faites pendant le cours de l'exécution, toutes les fois que l'ingénieur chargé de la réception le jugera convenable.

Le fabricant sera tenu de se soumettre aux divers modes d'épreuve que l'administration croira devoir adopter.

Art. 5. — Les surfaces des chairs seront nettes et unies; les jets et les coutures seront abattus au burin, et les bords ébarbés. La tablette inférieure sera parfaitement plane, de sorte qu'à la pose, il ne puisse rester aucun vide entre elle et les dés ou traverses du chemin de fer. État des coussinets.

Art. 6. — Le contact du rail avec les joues ou parois du coussinet devra avoir lieu sur toute l'étendue de la surface, contre laquelle il doit porter. Cette condition sera rigoureusement observée. Vérification des coussinets.

Un bout de rail poinçonné sera, en conséquence, remis au fournisseur, pour le guider dans la fabrication de ses chairs. La vérification des ingénieurs aura lieu, en faisant passer dans le chair un calibre en tôle parfaitement exact.

Art. 7. — La réception des chairs sera faite à l'usine, chaque semaine au moins. L'ingénieur chargé de cette réception aura le droit d'exercer et de déléguer la surveillance, et de faire les vérifications nécessaires pour reconnaître si toutes les conditions du présent marché sont exactement observées. Réception provisoire.

Les mains-d'œuvre relatives à la réception et aux épreuves auxquelles pourront se livrer l'ingénieur ou l'agent délégué par lui, seront à la charge des fournisseurs.

Les chairs reçus seront poinçonnés.

Art. 8. — Nonobstant la réception à l'usine, les chairs qui, après vérification, seraient reconnus avoir été détérriorés dans le transport, ou qui casseront avant ou pendant la pose, seront rebutés. Réception définitive.

Les chairs rebutés seront pesés et rendus sur l'un des lieux de livraison, au fabricant, lequel en tiendra compte au prix de la fourniture, ou les remplacera si l'administration l'exige.

Les frais de cette nouvelle vérification contradictoire, resteront également à la charge du fournisseur.

Art. 9. — La livraison aura lieu sur les points qui seront désignés par les ingénieurs, à portée des ateliers de pose, le long du chemin de fer, pourvu que ces points puissent être abordés par un chemin praticable aux voitures chargées. Points où auront lieu les livraisons.

Art. 10. — La fourniture totale sera de ..... coussinets. Montant de la fourniture.

Le fournisseur s'engage à effectuer le transport et la livraison à ses

frais, risques et périls, sur les points qui seront désignés pour les livraisons des coussinets compris à son marché, dans le délai de .....

Néanmoins, l'administration sera libre, si bon lui semble, d'ajourner le transport des chairs, et, en ce cas, le fabricant devra les ranger avec ordre, en tas réguliers, de manière qu'on puisse aisément les compter, dans un magasin loué par l'administration, dans l'usine même.

Paiements.

Art. 11. — Sur le vu du procès-verbal de réception provisoire dans l'usine, le montant de la fabrication sera délivré au fournisseur, sauf retenue d'un quart, pour représenter les frais et le déchet du transport, les rebuts de la pose et la garantie du fournisseur.

La retenue sera réduite à un dixième, un mois après la livraison.

Les coussinets ainsi reçus à l'usine, et empilés dans le magasin de l'administration, appartiendront à l'État.

Il est d'ailleurs entendu que le fournisseur devra, conformément aux art. 8 et 9, transporter ces coussinets aux lieux fixés pour la livraison, où ils seront soumis à une nouvelle vérification.

Garantie.

Art. 12. — Le fabricant garantit les chairs, pendant un an de service, sur les voies provisoires.

Tout coussinet qui, pendant ce délai, s'altérerait par quelque cause que ce fût, hors le cas de choc violent constaté, sera remplacé aux frais du fabricant.

Le dernier dixième dû au fournisseur, ne lui sera remis qu'après l'expiration du délai de garantie.

Retenue pour non exécution du cahier des charges.

Art. 13. — Dans le cas où le fournisseur n'aurait pas rempli ses obligations aux époques fixées par le présent cahier des charges, il lui serait imposé, à titre d'indemnité, une retenue du dixième du montant des fournitures non livrées aux époques ci-dessus désignées.

Conditions générales.

Art. 14. — Le fournisseur sera soumis, en outre, aux clauses et conditions générales, arrêtées le 25 août 1833, par M. le directeur-général des ponts et chaussées et des mines, pour les entreprises des travaux des ponts et chaussées.

Le soumissionnaire devra être exploitant ou propriétaire d'une fonderie.

Art. 15. — Nul ne sera admis à soumissionner, s'il n'est proprietaire ou exploitant d'une fonderie.

ÉPREUVES

EXIGÉES PAR LE CHEMIN DE FER DE PARIS A LYON,

pour la réception des coussinets fabriqués par la Société des hauts fourneaux de Montluçon.

On place le coussinet, renversé sens dessus dessous, sur deux couteaux en acier, incrustés dans un bloc de fonte creux dans le milieu. Les trous de chevilles, dans les coussinets, sont préalablement bouchés avec des boulons à tête plate, qui remplissent directement les trous des chevilles et qui, par conséquent, reposent parfaitement sur les couteaux. Un boulet, du poids de 32 kilog. et portant des guides, est élevé, entre deux coulisses, à la hauteur de $0^m,60$, et au moyen d'un déclic, on le fait tomber sur le milieu de la semelle du coussinet; on répète cette opération, en augmentant chaque fois la hauteur de la chute de $0^m,10$, jusqu'à ce que le coussinet casse. On fait subir cette épreuve à quatre coussinets, pris au hasard pour chaque fusion, et si la moyenne des ruptures n'arrive pas avant $0^m,90$, les coussinets sont considérés comme ayant la force voulue, et ils sont admis, sauf les défauts de pose, de noyaux, retassements, goutte froide, etc.

EXPÉRIENCES

EXIGÉES PAR LE CHEMIN DE FER DE ST-ÉTIENNE A LYON,

pour la réception des coussinets fabriqués par la fonderie de Torteron.

Un coussinet sera renversé sur deux couteaux en fer, puis un boulet de 32 kilog. sera élevé à la hauteur indiquée ci-après, et au moyen d'un déclic, on le fera tomber sur le centre de la semelle du coussinet. Ce choc devra être répété trois fois, sans qu'il détermine la rupture du coussinet. La hauteur de chute du centre de gravité du boulet, sera de $0^m,70$ pour les coussinets intermédiaires, et de $1^m,00$ pour les coussinets de joint.

Les épreuves pourront avoir lieu sur cinq pour 100 de chaque livraison.

Si, sur cinq coussinets, trois sont cassés à l'épreuve, la livraison sera refusée; si deux sont cassés, l'expérience sera renouvelée, et si on ob-

tient le même résultat, la livraison sera réjetée; si un seul coussinet casse, la livraison sera acceptée.

EXTRAIT DU NOUVEAU CAHIER DES CHARGES
proposé aux usines de la Nièvre.

Les coussinets de chaque coulée seront mis à part, en tas distincts des coussinets provenant des autres coulées, jusqu'à ce que l'agent du chemin de fer en ait éprouvé la fonte.

Quelques uns des coussinets ordinaires, choisis par les agents du chemin de fer, seront soumis à des épreuves de résistance à la pression, d'autres à des épreuves de résistance au choc.

Dans les deux épreuves, le coussinet à essayer sera renversé, posé sur deux points d'appui, distants de $0^m,20$ l'un de l'autre, et soumis sur la table, au milieu de la distance des points d'appui, soit à des pressions, soit à des chocs qui seront augmentés jusqu'à la rupture des coussinets.

Première épreuve. — La moyenne des charges qui produiront la rupture, pour les coussinets d'une même coulée, devra être au moins de 20,000 kilog. pour les coussinets intermédiaires, et de 28,000 kilog. pour les coussinets de joint. Aucun coussinet ne devra rompre sous une charge inférieure à 15,000 kilog. pour les coussinets intermédiaires, et 22,000 kilog. pour les coussinets de joint.

Deuxième épreuve. — On fera tomber un mouton de 30 kilog. sur le milieu des coussinets, placés comme nous avons dit pour la première épreuve.

La moyenne des hauteurs de chute qui produiront la rupture, pour les coussinets d'une même coulée, devra être au moins de 1 mètre pour les coussinets intermédiaires, et de $1^m,40$ pour les coussinets de joint.

Aucun coussinet ne devra casser sous les hauteurs de chute inférieures à $0^m,80$ pour le coussinet intermédiaire, et à $1^m,10$ pour le coussinet de joint.

Lorsque les coussinets ordinaires, provenant d'une coulée, ne satisferont pas aux conditions précédentes, tous les coussinets de la coulée seront rebutés.

Les coussinets de passage à niveau seront coulés avec la même fonte que les coussinets ordinaires; ils seront rebutés si la coulée à laquelle ils appartiennent, a été elle-même rebutée pour défaut de résistance de la fonte.

CAHIER DES CHARGES

pour la fourniture des traverses du chemin de Paris à Lyon (section de Chalon à Lyon). — Juillet 1846.

Les bois à fournir pour l'établissement des deux voies du chemin de fer de Paris à Lyon, dans la partie comprise entre Châlon et Lyon, représentent à peu près deux cent quatre-vingt-dix mille traverses, cubant ensemble environ vingt-neuf mille mètres cubes.

La fourniture aura lieu aux clauses et conditions suivantes :

ART. 1er. — Tous les bois seront en chêne et de bonne qualité, neufs, sans piqûres ni pourritures, sans roulure ni bois rouge; ils auront au plus deux années de coupe au moment de la livraison, et ils devront avoir été abattus en bonne saison, c'est-à-dire du 15 octobre au 1er mars.

Les quatre faces de chaque traverse seront équarries de manière qu'il ne reste de l'aubier ou des flaches que dans les angles, et sur une épaisseur au plus de 25 à 30 millimètres.

ART. 2. — On divisera les traverses en deux classes: traverses de joints et traverses intermédiaires. Les premières seront placées au point de jonction de deux rails consécutifs; les autres supporteront les rails dans les parties intermédiaires.

Sur la fourniture totale, un cinquième sera en traverses de joint, les quatre autres cinquièmes en traverses intermédiaires.

Une traverse de joint modèle devra avoir :

Deux mètres quatre-vingt centimètres de longueur..	$2^m,80$	$0^m,1666$
Trente-cinq centimètres de largeur	$0^m,35$	
Dix-sept centimètres de hauteur................	$0^m,17$	

Une traverse intermédiaire modèle devra avoir :

Deux mètres quatre-vingts centimètres de longueur.	$2^m,80$	$0^m,0882$
Vingt-un centimètres de largeur	$0^m,21$	
Quinze centimètres de hauteur..................	$0^m,15$	

Sur ces dimensions, dont l'entrepreneur devra se rapprocher le plus possible, on admettra les tolérances suivantes :

1° POUR LES TRAVERSES DE JOINT.

Sur la longueur : dix centimètres en plus ou dix centimètres en moins, ou dans les dimensions suivantes :

De deux mètres soixante-dix centimètres, ci.................. $2^m,70$

A deux mètres quatre-vingt-dix centimètres, ci............... $2^m,90$

Sur la largeur : cinq centimètres en plus ou cinq centimètres en moins, ou dans les dimensions suivantes :

De trente centimètres, ci 0m,30
A quarante centimètres, ci.................................. 0m,40

Sur la hauteur : deux centimètres en plus ou deux centimètres en moins, ou dans les dimensions suivantes :

De quinze centimètres, ci.................................. 0m,15
A dix-neuf centimètres, ci.................................. 0m,19

2° POUR LES TRAVERSES INTERMÉDIAIRES.

Sur la longueur : dix centimètres en plus ou vingt centimètres en moins, ou dans les dimensions suivantes :

De deux mètres soixante centimètres, ci.................... 2m,60
A deux mètres quatre-vingt-dix centimètres, ci.............. 2m,90

Sur la largeur : deux centimètres en plus ou deux centimètres en moins, ou dans les dimensions suivantes :

De dix-neuf centimètres, ci.................................. 0m,19
A vingt-trois centimètres, ci.................................. 0m,23

Sur la hauteur : deux centimètres en plus ou deux centimètres en moins, ou dans les dimensions suivantes :

De treize centimètres, ci.................................. 0m,13
A dix-sept centimètres, ci.................................. 0m,17

Ces traverses seront sensiblement droites ; on admettra cependant une courbure d'un vingtième de flèche, pourvu que les deux supports en fonte puissent être posés de telle sorte, que leurs axes se trouvent exactement sur une même ligne droite, et que leurs bases reposent entièrement sur la face supérieure de la traverse.

Art. 3. — Toutes les pièces qui auraient des dimensions inférieures aux minimum fixés ci-dessus, seront refusées.

Les dimensions qui, au contraire, dépasseraient les maximum indiqués plus haut, ne seront comptées que jusqu'à concurrence de ces maximum.

Art. 4. — La réception des bois aura lieu dans le chantier de la compagnie, aux points indiqués ci-après.

Le maniement des bois, au moment de cette réception, s'opérera aux frais et par les soins de l'entrepreneur.

Art. 5. — Les bois seront cubés après leur débitage, et lorsque les pièces auront été dressées, coupées et seront prêtes à être employées.

Le cube que l'on adoptera dans les réglements de compte sera le cube réel du bois, déduction faite de l'aubier, exactement et loyalement estimé et calculé, sans aucun égard aux usages et coutumes des localités, mais en ayant égard cependant à la tolérance relative, aux flaches et à l'aubier exprimés à l'article 1er.

Si cependant le cube total des traverses présentait un excédant sur le cube que l'on aurait obtenu, en n'admettant que des traverses modèles, cet excédant ne serait pas payé à l'entrepreneur.

C'est donc à lui de veiller à ce que les dimensions des traverses modèles ne soient que rarement dépassées.

Art. 6. — La réception et le cubage des bois seront faits sur des chantiers appartenant à la compagnie. Ces chantiers seront mis pour les dépôts des bois à la disposition de l'entrepreneur, et seront situés sur les bords de la Saône, au droit des ports suivants :

PORTS DE DÉBARQUEMENT SUR LA SAÔNE.

A Châlon : Ports de Grosne, des Ormes, de Tournus et de Farges.

Au Port de Fleurville : St-Jean-le-Riche, Mâcon, port de Cornes et St-Romain.

A Belleville : Port de Rivière, Beauregard, près Anse et Mâcon.

A Neuville : Couzon, Lyon.

La quantité de bois à livrer par l'entrepreneur, sur chacun des chantiers, sera déterminée ultérieurement par un ordre de service qui sera dressé par l'ingénieur en chef, et auquel l'entrepreneur devra se conformer.

Art. 7. — Les bois de chêne à employer dans cette fourniture, seront tirés des forêts reconnues pour fournir des bois de bonne qualité.

Art. 8. — La totalité de la fourniture devra être faite dans un délai de trois années, à partir du 1er juillet 1846, en sorte qu'elle devra être complètement terminée le 1er juillet 1849.

La fourniture des bois aura lieu à partir du 1er janvier 1847, et sera terminée au 1er juillet 1849 ; en tout trente mois, pendant lesquels la livraison sera faite ainsi qu'il suit :

Dans le 1er semestre de 1847	4,000 mètres.
Dans le 2me semestre de 1847.........	5,000 »
Dans le 1er semestre de 1848	6,000 »
Dans le 2me semestre de 1848.........	6,500 »
Dans le 1er semestre de 1849	7,500 »
Total général........	29,000 mètres.

La compagnie se réserve le droit d'augmenter ou de diminuer le montant de la fourniture, jusqu'à concurrence d'un dixième, en prévenant l'entrepreneur d'ici au 1er janvier 1848.

S'il arrivait que la quantité de bois exigible dans un trimestre, ne fût pas livrée en temps opportun par l'entrepreneur, la retenue de garantie dont il devra être parlé ci-après, serait acquise à la compagnie jusqu'à concurrence de la somme nécessaire pour compléter la livraison laissée imparfaite par la faute de l'entrepreneur.

Art. 9. — Après le débitage des traverses, il sera procédé chaque mois, au cubage exact des bois par les agents de la compagnie, et le résultat de cette opération servira de base au réglement définitif des fournitures effectuées par l'entrepreneur.

Art. 10. — Les bois livrés dans les chantiers de la compagnie, qui auront été cubés et reçus, seront portés dans les comptes mensuels pour leur valeur entière.

Les bois approvisionnés, mais non encore reçus, seront portés dans les mêmes comptes pour les quatre cinquièmes de leur valeur.

Et le montant de ces comptes ainsi dressés sera payé tous les mois au fournisseur, sous la déduction d'un dixième, destiné à garantir la bonne exécution du présent cahier des charges.

Lorsque le fonds de garantie ainsi formé, aura atteint *cinquante mille francs,* toute retenue cessera; si le fonds de garantie vient à être entamé, la retenue recommencera jusqu'à concurrence des maximum déterminés ci-dessus.

Art. 11. — Le fournisseur pourra devancer, pour ses fournitures de bois, les époques ci-dessus fixées, mais son compte ne sera crédité du montant de ses fournitures, que jusqu'à concurrence de mille mètres cubes par mois, en faisant toujours partir le décompte du commencement de l'entreprise.

Art. 12. — En cas de contestation sur les clauses et conditions du présent cahier des charges, le soumissionnaire s'engage à s'en rapporter, à Châlon-sur-Saône, au jugement de M. Comoy, ingénieur en chef des ponts et chaussées, lequel est nommé dès à présent arbitre, et décidera comme amiable compositeur et en dernier ressort, sans être tenu de s'astreindre aux formes et délais de la procédure; sa décision ne pourra être attaquée par voie d'appel, requête civile ni recours en cassation. Les frais d'arbitrage seront réglés par les arbitres.

L'enregistrement de la présente sera à la charge de celle des parties qui y aura donné lieu.

TABLE DES MATIÈRES.

Notes et explications.

LIVRE II. — *Description des différentes espèces de rails employés jusqu'à présent, et recherches sur la résistance des rails et sur la forme la plus convenable à leur donner, par Nicolas Woods.*

LIVRE III. — *Notes diverses.*

FIN DE LA TABLE.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Figures relatives aux deux Mémoires de M. Barlow.

PLANCHE II.

Fig. 1. Chemins à rails simples en bois, élévation.
— 2. Id. id. plan.
— 3. Chemins à rails doubles en bois, élévation.
— 4. Id. id. plan.
— 5. Chemins à rails plats en fonte, élévation.
— 6. Id. id. plan.
— 7. Id. id. coupe en travers.
— 8. Chemins à rails plats en fonte et perfectionné, élévation.
— 9. Id. id. plan.
— 10. Id. id. coupe en travers.
— 11. Plan et coupe d'un rail plat avec support en fonte.

PLANCHE III.

Fig. 1. Elévation et coupe de rails en fonte placés sur leurs supports.
— 2. Plan, élévation et coupe du rail en fonte, de MM. Losh et G. Stephenson.
— 3. Plan, élévation et coupe du rail et des chairs employés aux environs de Newcastle.
— 4. Plan, coupe et élévation du rail et des chairs de MM. Wilson et Bell.
— 5. Mode d'assemblage des rails dans les chairs.
— 6. Id. id.

PLANCHE IV.

PLANCHE V.

Fig. 4. Rail du chemin de Chester à Birkenhead.
— 5. Id. id.
— 6. Id. Manchester à Leeds.
— 7. Id. Birmingham à Derby.
— 8. Id. Birmingham à Manchester.
— 9. Id. Belgique.
— 10. Id. Saint-Etienne à Lyon.
— 11. Id. Montpellier à Cette.
— 12. Id. Yorck and north Midland.
— 13. Id. Londres à Greenwich.
— 14. Id. Leeds à Selby.
— 15. Id. Newcastle à Carlisle.
— 16. Id. Id.
— 17. Premier rail de Liverpool à Manchester.
— 18. Deuxième rail id.
— 19. Rail du chemin de Berlin à Potsdam.
— 20. Id. Darlington à Stockton.
— 21. Id. Stanhope and Tyne.
— 22. Id. Etats-Unis.
— 23. Id. Clarence.
— 24. Id. Brandling junction.
— 25. Id. Bordeaux à la Teste.
— 26. Rail extrait de l'ouvrage de Wishaw.
— 27. Rail du chemin de Slamannan.
— 28. Id. Arbroath.
— 29. Id. Ballocheney.
— 30. Rail proposé par M. Daligh.

PLANCHE VI.

Fig. 1. Rail du chemin de Cologne à Aix.
— 2. Id. Versailles (rive gauche).
— 3. Id. Great North of England.
— 4. Id. Dublin à Kingstown.
— 5. Id. Marseille à Avignon.
— 6. Id. Ardrossan à Johnston.
— 7. Id. Strasbourg à Bâle.
— 8. Id. Mulhouse à Thann.
— 9. Id. Glascow, Paisley, etc.

Fig. 10.	Rail du chemin de	Berlin à Dresde.
— 11.	Id.	Aylesbury.
— 12.	Id.	Stockton à Hartlepool.
— 13.	Id.	North-Union.
— 14.	Id.	North Midland.
— 15.	Id.	Grande Junction.
— 16.	Id.	Id.
— 17.	Id.	id.
— 18.	Id.	St-Etienne à Lyon (rail double T).
— 19.	Id.	id. (dernier rail).
— 20.	Id.	Orléans (rail plat).
— 21.	Id.	Saint-Pétersbourg.
— 22.	Id.	Francfort à Mayence.
— 23.	Id.	Lancastre à Preston.
— 24.	Id.	Nord.
— 25.	Id.	Orléans (rail bombé).
— 26.	Id.	Saint-Germain.
— 27.	Id.	Beaucaire à Alais.
— 28.	Id.	Londres à Birmingham.
— 29.	Id.	id.
— 30.	Id.	Paris à Sceaux.

PLANCHE VII.

Fig. 1.	Rail du chemin de	Manchester à Leeds.
— 2.	Id.	Paris à Rouen.
— 3.	Id.	Centre.
— 4.	Id.	Bordeaux à Orléans.
— 5.	Id.	Tours à Nantes.
— 6.	Id.	Londres à Southampton.
— 7.	Id.	Londres à Brigton.
— 8.	Id.	Eastern Counties.
— 9.	Id.	North and Eastern.
— 10.	Id.	Midland Counties.
— 11.	Id.	Glascow, Paisley and Greenock.
— 12.	Id.	Darlington, (rail double T).
— 13.	Id.	id. (dernier rail).
— 14.	Id.	Montereau à Troyes.
— 15.	Dernier rail de	Londres à Birmingham.

Fig. 16. Rail du chemin de Liverpool à Manchester.
— 17. Id. id.
— 18. Id. id.
— 19. Id. id.
— 20. Rail proposé par M. Moris Prévost.
— 21. Id. id.
— 22. Rail du chemin de Hull à Selby.
— 23. Id. Vienne à Raab.
— 24. Id. Londres à Southampton (ancien rail).
— 25. Id. Birmingham à Gloucester.
— 26. Id. Newcastle à Frenchtown.

PLANCHE VIII.

Fig. 1. Rail du chemin de Bolton à Manchester.
— 2. Id. Leipzig à Dresde.
— 3. Rail du chemin de Hull à Selby.
— 4. Id. North Schields à Newcastle.
— 5. Id. Londres à Croydon (rail américain).
— 6. Rail extrait de l'ouvrage de Wishaw.
— 7. Rail du chemin de Great Western.
— 8. Id. id.
— 9. Id. id.
— 10. Id. id.
— 11. Id. Amsterdam à Harlem.
— 12. Id. Magdebourg.
— 13. Id. Heidelberg à Carlsruhe.
— 14. Id. Bolton à Preston.
— 15. Id. Bade.
— 16. Id. Wellington à Susquehannah.
— 17. Id. Londres à Croydon (rail en U).
— 18. Id. Midland Counties (rail en U).
— 19. Id. Glascow, Paisley, etc. (rail en U).
— 20. Id. Neustadt à Gloggnitz.
— 21. Rail extrait de l'ouvrage de Wishaw.
— 22. Id. id.
— 23. Id. id.
— 24. Id. id.
— 25. Rail du Great Western union and Chettenham railway.

Fig. 26. Plan et coupe des coussinets placés sous les joints du rail de Neustadt à Gloggnitz.
— 27. Rail de Great Southern and Western railway (Irlande).
— 28. Rail proposé par M. Dockray, pour le chemin de Londres à Birmingham.
— 29. Section de rail proposé.
— 30. Coupes comparatives du nouveau rail et de ceux employés sur le chemin de Saint-Etienne.

PLANCHE IX.

Fig. 1. Elévation du chair pour le rail d'uniforme épaisseur du chemin de Saint-Etienne à Lyon.
— 5. Plan du même chair.
— 2. Elévation du chair pour le rail simple T du chemin de Saint-Etienne à Lyon.
— 6. Plan du même chair.
— 3. Elévation du chair du rail simple T du chemin de Blackwal,
— 7. Plan du même chair.
— 4. Coupe du chair de joint pour le même rail.
— 8. Plan du chair précédent.
— 9. Coupe sur l'axe du chair du rail simple T du chemin de Manchester à Leeds.
— 13. Plan du même chair.
— 10. Coupe sur l'axe du chair du rail simple T employé en Belgique.
— 14. Plan du chair précédent.
— 11. Coupe du chair de joint du même rail.
— 15. Plan du chair précédent.
— 12. Coupe du chair du rail simple T de Versailles (rive gauche).
— 16. Plan du chair précédent.

PLANCHE X.

Fig. 1. Coupe du chair du rail simple T du chemin de Naples.
— 5. Plan du même chair.
— 2. Elévation du chair du rail simple T du chemin de Darlington à York (Great North of England railway).

PLANCHE XI.

PLANCHE XII.

Fig. 1. Elévation du chair double T du chemin de Darlington à Stockton.
— 5. Moitié du plan du chair précédent.
— 2. Elévation du chair employé par M. Cubits, pour le rail double T du chemin de Douvres.
— 6. Plan du chair précédent.
— 3. Elévation du chair de joint du chemin de Montereau à Troyes.
— 7. Plan du chair précédent.
— 4. Coupe du chair du chemin du centre.
— 8. Plan.
— 9. Elévation du chair employé pour le premier rail de Southampton.
— 10. Coupe indiquant le système employé pour fixer les joints du rail du chemin de Bolton à Preston.
— 15. Plan.
— 11, 12, 16, 17 et 19. Détails du système employé pour assembler les rails du chemin de Heidelberg à Carlsruhe.
— 13, 18 et 20. Mode d'assemblage des rails du chemin de Harlem à Leyde; la fig. 20 représente le plan, la fig. 18 l'élévation, et la fig. 13 la coupe.
— 14. Elévation du rail et du chair de Birmingham à Gloucester.

PLANCHE XIII.

Fig. 1. Coupe perpendiculaire à l'axe de la voie du chemin de fer de Great Western Union.
— 2. Coupe indiquant la disposition adoptée sur le chemin de Great Southern and Western d'Irlande, pour la traverse, le rail et le coussinet près les joints.
— 3. Coupe représentant la disposition proposée par M. Dockray pour le chemin de Londres à Birmingham.
— 4. Elévation du chair employé aux joints des rails du chemin de fer de Reading à Philadelphie.
— 5. Elévation latérale du chair précédent.
— 6 Rail du Midland Great Western d'Irlande.

Fig. 7. Plan de la plaque de joint des rails du Great Southern and Western d'Irlande.
— 8. Plan de la plaque proposée pour les joints par M. Dockray.
— 9. Plan du chair représenté en élévation par la fig. 4.
— 10. Coupe du rail en acier essayé sur le chemin de fer de Saint-Etienne.
— 11. Plan de la moitié de l'une des plaques employées pour les joints des rails de Midland Great Western d'Irlande.
— 12. Plan et élévation de l'écrou des boulons servant à fixer les rails de Midland Great Western d'Irlande.
— 13. Plan de la pose mixte du chemin de fer de Saint-Etienne.
— 14. Elévation de supports en fonte formant chairs.
— 15. Plan de supports en fonte formant chairs.

PLANCHE XIV.

Fig. 1. Demi-section de grandeur naturelle du rail du chemin de fer de ceinture.
— 2. Plan et élévation du coussinet de joint du chemin de fer de ceinture.
— 3. Plan du coussinet intermédiaire du chemin de fer de ceinture.
— 4. Demi-section du rail employé par M. Brunel, sur une partie du chemin de fer de Great Western Union.
— 5. Section du rail du chemin de fer de Blesme.
— 6. Demi-section grandeur naturelle du rail du chemin de fer de Paris à Strasbourg.
— 7. Demi-section grandeur naturelle du chemin de fer de Paris à Lyon.
— 8. Elévation du coussinet du rail du chemin de fer de Manchester à Bolton.
— 9. Plan du coussinet précédent.
— 10. Coupe du coussinet de joint du rail du chemin de fer de Saint-Dizier à Gray.
— 11. Plan du coussinet précédent.
— 12. Coupe du coussinet intermédiaire du même chair.
— 13. Plan du coussinet précédent.
— 14. Demi-section du rail employé par M. Barlow.

Fig. 15. Demi-section, grandeur naturelle, du rail de Lyon à Avignon.

— 16. Demi-section du rail déposé à l'exposition de Londres par M. Barlow.

PLANCHE XV.

Fig. 1. Coupe et élévation du système de coussinets de joint proposé par M. P. Barlow.

— 2. Coupe et élévation du système de consolidation des joints, présenté par MM. Samuel et Adams.

— 3, 4, 5, 6 et 12. Plans et coupes des traverses et des plateaux en fer de MM. Mols, Charlet et Bonnevie.

— 7. Elévation de la machine employée à Fourchambault pour parer les extrémités des rails.

— 8 et 9. Plan et élévation de la machine employée à Fourchambault pour affranchir les extrémités des rails.

— 10 et 11. Plan et élévation de la machine employée à Fourchambault pour dresser les rails.

FIN DE L'EXPLICATION DES PLANCHES.

LYON. — Imprimerie de B. BOURSY, grande rue Mercière, 66.